



Maa- ja metsätalous-  
ministeriö

MIKKO KUUSSAARI  
TERHO HYVÖNEN  
JARI KOSKIAHO  
RIITTA LEMOLA  
SIRKKA TATTARI (TOIM.)

# Ratkaisuja ja kehitysehdotuksia maatalouden ympäristöhaasteisiin MATO-tutkimus- ohjelman perusteella

# Ratkaisuja ja kehitysehdotuksia maatalouden ympäristö- haasteisiin MATO-tutkimus- ohjelman perusteella

Mikko Kuussaari, Terho Hyvönen, Jari Koskiahho, Riitta Lemola,  
Sirkka Tattari (toim.)

**Julkaisujen jakelu**

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston  
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-  
arkivet Valto

[julkaisut.valtioneuvosto.fi](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi)

**Julkaisumyynti**

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston  
verkkokirjakauppa**

Statsrådets  
nätbokhandel

[vnjulkaisumyynti.fi](https://vnjulkaisumyynti.fi)

Maa- ja metsätalousministeriö

© 2021 tekijät ja maa- ja metsätalousministeriö

ISBN pdf: 978-952-366-180-6

ISSN pdf: 1797-397X

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2021

## Ratkaisuja ja kehitysehdotuksia maatalouden ympäristöhaasteisiin MATO-tutkimusohjelman perusteella

### Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2021:17

<b>Julkaisija</b>	Maa- ja metsätalousministeriö		
<b>Tekijä/t Toimittaja/t Yhteisötekijä</b>	Mikko Kuussaari, Terho Hyvönen, Jari Koskiaho, Riitta Lemola, Sirkka Tattari (toim.)		
<b>Kieli</b>	suomi	<b>Sivumäärä</b>	187

#### Tiivistelmä

Maatalouden ympäristövaikutusten tutkimusohjelmassa (MATO) 2016–2020 koottiin yhteen maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön rahoittamat maatalouden ympäristöasioihin liittyvät tutkimushankkeet viiden vuoden ajan.

Tutkimusohjelman tavoitteena oli (1) edistää maatalouden ympäristötavoitteiden toteutumista, (2) luoda pohjaa tulevan rahoituskauden 2021–2026 ympäristötoimenpiteiden suunnittelulle, (3) tuottaa ratkaisuja ongelmiin, jotka vaikeuttavat ympäristötavoitteiden toteutumista, sekä (4) tuottaa tietoa maaseutuohjelman vaikuttavuuden arvioinnin tueksi. Näiden tavoitteiden taustalla oli maaseutuohjelman viisi ympäristötavoitetta: (1) vesien ravinnekuormitus vähenee ja vesistöjen tila paranee, (2) maaperän kasvukunto paranee, (3) luonnon monimuotoisuus lisääntyy, (4) kasviuonekaasupäästöt vähenevät ja ilmastonmuutoksen hillintä tehostuu sekä (5) ilmastonmuutokseen sopeutuminen tehostuu.

Synteesi ohjelmassa rahoitettujen 25 tutkimushankkeen tärkeimmistä tuloksista koottiin viiden eri hankkeita yhdistäneen teeman alle: (1) Maatalouden ympäristötoimenpiteiden vaikutus ympäristön tilaan, (2) Maaperä ja ravinnetaseet, (3) Kiertotalous: hiilen ja ravinteiden kierto sekä energiatehokkuus osana kestäväää maataloutta, (4) Maatalouden moninaiset ekosysteemipalvelut ja (5) Työkaluja parempaan maatalousympäristön tilan hoitoon. Kussakin synteesiluvussa esitetään yhteenveto siitä, miten teeman hankkeet tuottivat sovelluskelpoista, päätöksenteossa tarvittavaa tietoa ja mitkä ovat aihepiirin tärkeimmät jatkotutkimustarpeet.

**Asiasanat** maatalouspolitiikka, ympäristötuki, vaikuttavuus, maaperä, kiertotalous, ekosysteemipalvelut

<b>ISBN PDF</b>	978-952-366-180-6	<b>ISSN PDF</b>	1797-397X
<b>ISBN painettu</b>		<b>ISSN painettu</b>	
<b>Asianumero</b>		<b>Hankenumero</b>	

**Julkaisun osoite** <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-366-180-6>

## Lösningar och utvecklingsförslag till miljöutmaningar på grundval av forskningsprogrammet om jordbrukets miljökonsekvenser

### Jord- och skogsbruksministeriets publikationer 2021:17

**Utgivare** Jord- och skogsbruksministeriet

**Författare** Mikko Kuussaari, Terho Hyvönen, Jari Koskiahio, Riitta Lemola, Sirkka Tattari (edit.)

**Redigerare**

**Utarbetad av**

**Språk** finska

**Sidantal**

187

### Referat

Forskningsprogrammet om jordbrukets miljökonsekvenser 2016–2020 sammanställde i fem år forskningsprojekt kring miljöfrågor inom jordbruk som finansierats av jord- och skogsbruksministeriet och miljöministeriet.

Syftet med forskningsprogrammet var att (1) främja uppnåendet av miljömål inom jordbruket, (2) skapa en grund för planeringen av miljöåtgärder för följande finansieringsperiod 2021–2026, (3) ta fram lösningar på problem som försvårar uppnåendet av miljömål, och (4) ta fram information till stöd för bedömningen av landsbygdsprogrammets effektivitet. Dessa mål bygger på de fem miljömålen i landsbygdsprogrammet: (1) näringsbelastningen på vattendrag minskar och tillståndet i vattendragen förbättras, (2) jordmånens bördighet förbättras, (3) den biologiska mångfalden ökar, (4) växthusgasutsläppen minskar och uppbromsningen av klimatförändringen effektiviseras och (5) anpassningen till klimatförändringen effektiviseras.

En syntes av de viktigaste resultaten i de i programmet finansierade 25 forskningsprojekten sammanställdes under fem teman som de olika projekten haft gemensamt: (1) Konsekvenser av miljöåtgärder inom jordbruket på miljöns tillstånd, (2) Jordmån och näringsbalanser, (3) Cirkulär ekonomi: kol- och näringscykel samt energieffektivitet som en del av hållbart jordbruk, (4) Jordbrukets mångskiftande ekosystemtjänster och (5) Verktyg för bättre förvaltning av gårdar inom jordbruksmiljön. I varje synteskapitel framförs en sammanfattning om hur projekten kring temat gav upphov till tillämpningsbar information som krävs för beslutsfattande och vilka de viktigaste behoven för fortsatt forskning kring temat är.

**Nyckelord** jordbrukspolitik, miljöstöd, effektivitet, jordmån, cirkulär ekonomi, ekosystemtjänster

**ISBN PDF** 978-952-366-180-6  
**ISBN tryckt**  
**Ärendenummer**

**ISSN PDF** 1797-397X  
**ISSN tryckt**  
**Projektnummer**

**URN-adress** <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-366-180-6>

## Solutions and development proposals for agri-environmental challenges based on the MATO research programme

---

### Publications of the Ministry of Agriculture and Forestry 2021:17

**Publisher** Ministry of Agriculture and Forestry

---

**Authors** Mikko Kuussaari, Terho Hyvönen, Jari Koskiahho, Riitta Lemola, Sirkka Tattari (edit.)

**Editor**

**Group Author**

**Language** Finnish

**Pages**

187

---

### Abstract

The Research Programme on the Agri-environmental Impacts (MATO) 2016–2020 brought together research projects related to agri-environmental issues funded by the Ministry of Agriculture and Forestry and the Ministry of the Environment over a period of five years.

The objective of the research programme was (1) to promote the realisation of agri-environmental objectives, (2) to lay the foundation for the planning of environmental measures in the forthcoming funding period 2021–2026, (3) to produce solutions to problems that make it difficult to achieve environmental objectives, and (4) to produce information to support the evaluation of the effectiveness of the rural programme. These objectives were based on the five environmental objectives of the Rural Development Programme: (1) reduce nutrient load in waters and improve the state of water systems, (2) improve the growing conditions of soil, (3) increase biodiversity, (4) reduce greenhouse gas emissions and improve climate change mitigation, and (5) more effective adaptation to climate change.

A synthesis of the key results of the 25 research projects funded by the programme was compiled under five themes combining different projects: (1) Impact of agri-environmental measures on the state of the environment, (2) Soil and nutrient balances, (3) The Circular Economy: Carbon and nutrient cycle and energy efficiency as part of sustainable agriculture, (4) Diverse ecosystem services in agriculture and (5) Tools for better management of the state of the agricultural environment. Each synthesis figure summarises how the projects in the theme produced applicable information needed in decision making and what were the most important further research needs in the topic area.

**Keywords** agricultural policy, environmental support, impact, soil, circular economy, ecosystem services

---

**ISBN PDF** 978-952-366-180-6

**ISBN printed**

**Reference number**

**ISSN PDF**

1797-397X

**ISSN printed**

**Project number**

---

**URN address** <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-366-180-6>

---

# Sisältö

<b>Esipuhe</b> .....	9
<b>Tiivistelmä</b> .....	11
<b>Sammandrag</b> .....	16
<b>Summary</b> .....	22
<b>1 Maatalouden ympäristövaikutusten tutkimusohjelman tavoitteet ja toteutus</b> .....	28
1.1 Johdanto .....	28
1.2 Tutkimusohjelman teemat ja tavoitteet .....	29
1.3 Ohjelman koordinaatio, rahoitus ja toimintatapa .....	32
1.4 Rahoitetut hankkeet .....	34
1.5 MATO-tutkimusohjelman tulokset ja vaikuttavuus .....	39
1.5.1 Ohjelman tulokset suhteessa tavoitteisiin .....	39
1.5.2 Yhteiskunnallinen ja tieteellinen vaikuttavuus .....	40
1.5.3 Vahvuudet ja heikkoudet .....	41
<b>2 Synteesi tutkimusohjelman tuloksista</b> .....	43
2.1 Synteesin tavoitteet .....	43
2.2 Hankkeiden jako synteesiteemoihin .....	43
2.3 Suunnittelutyöpaja ja synteesilukujen kirjoittaminen .....	44
<b>3 Maatalouden ympäristötoimenpiteiden vaikutus ympäristön tilaan</b> .....	45
3.1 Johdanto .....	45
3.2 Hankkeessa tarkastellut ongelmat .....	45
3.3 Ympäristökorvausjärjestelmä .....	46
3.3.1 Kohdentamisalueet .....	48
3.3.2 Ympäristökorvaukseen sitoutuminen .....	49
3.4 Tulokset .....	51
3.5 Ympäristötavoitteiden kannalta keskeisimmät toimenpiteet .....	54
3.5.1 Vesiensuojelu .....	54
3.5.2 Maaperän kasvukunto .....	55
3.5.3 Ilmastonsuojelu .....	56
3.5.4 Luonnon monimuotoisuus .....	57
3.5.5 Ympäristökorvauksen taloudellinen merkitys erilaisille tilatyypeille .....	59

3.6	Tulosten hyödyntäminen päätöksenteossa.....	60
3.6.1	Vesiensuojelulle ensisijaista lannoituksen optimointi, ravinteiden kierrätys ja nurmipeitteisyys .....	60
3.6.2	Maaperän kasvukunto on suuri haaste .....	61
3.6.3	Turvepellot avainasemassa ilmastonsuojelussa.....	62
3.6.4	Luonnon monimuotoisuus hyötyi useista toimenpiteistä.....	62
3.6.5	Ympäristökorvauksen taloudellinen merkitys tiloille pienentynyt.....	63
3.6.6	Tehokkuutta arviointiin.....	64
3.7	Suositukset ja tarpeet jatkotutkimuksille.....	65
3.8	Kirjallisuus .....	66
<b>4</b>	<b>Maaperä ja ravinnetaseet.....</b>	<b>67</b>
4.1	Johdanto .....	67
4.2	Hankkeissa tarkastellut ongelmat .....	69
4.2.1	Perusparannusten kunto .....	70
4.2.2	Maan orgaaninen aines.....	71
4.2.3	Hiilen pysyvyys maassa.....	71
4.2.4	Typpitaseiden tulkinta ja optimaalinen typpilannoitus .....	72
4.2.5	Kasvinterveys .....	72
4.2.6	Fosforin kerrostuminen maan muokkaussyvyyden muuttuessa .....	73
4.3	Tulokset.....	74
4.3.1	Perusparannusten kunto .....	74
4.3.2	Orgaaninen aines .....	77
4.3.3	Typpilannoitus.....	83
4.3.4	Kasvinsuojelu .....	86
4.3.5	Fosforin kerrostuminen ja kasvipeitteisyyden kohdentaminen .....	90
4.4	Yhteenvedo hankkeiden tuloksista .....	94
4.5	Tulosten hyödyntäminen päätöksenteossa.....	95
4.6	Jatkotutkimustarpeet.....	98
4.7	Kirjallisuus .....	99
<b>5</b>	<b>Kiertotalous: hiilen ja ravinteiden kierto sekä energiatehokkuus osana kestävää maataloutta.....</b>	<b>101</b>
5.1	Johdanto .....	101
5.2	Hankkeissa tarkastellut ongelmat .....	104
5.3	Hankkeiden tulokset .....	105
5.3.1	Ravinteiden kierrätys alkutuotannossa ja sen vaikutukset vesien tilaan .....	105
5.3.2	Toimivimmat mallityökalut vesistövaikutusten ja ravinteiden kierrätyksen kustannustehokkaaseen hallintaan.....	111
5.3.3	Nestemäisten kierrätysravinteiden käyttö maataloudessa .....	115
5.3.4	Pyrolyysituotteet lietelannan ravintoarvon turvaajina .....	118
5.3.5	Kierrätyslannoitevalmisteet ja maanparannusaineet .....	120
5.3.6	Kuitulietettä peltoon ravinteiden välittäjäksi .....	125
5.3.7	Energiatuotannon ja käytön tulevaisuus maataloilla .....	127



5.4	Yhteenveto hankkeiden tuloksista .....	129
5.5	Tulosten hyödyntäminen päätöksenteossa .....	130
5.6	Tarpeet jatkotutkimuksille .....	131
5.7	Kirjallisuus .....	132
<b>6</b>	<b>Maatalouden moninaiset ekosysteemipalvelut.....</b>	<b>133</b>
6.1	Mitä maatalouden ekosysteemipalveluilla tarkoitetaan? .....	133
6.2	Tietotarpeet ja hankkeissa tarkastellut ekosysteemipalvelut .....	136
6.3	Hankkeiden tulokset .....	138
6.3.1	Kyselytutkimukset maatalouden ekosysteemipalveluista .....	138
6.3.2	Pölytyspalveluiden tilanne Suomessa .....	143
6.3.3	Nurmipeltojen hiilensidonta.....	148
6.3.4	Maatalouden kulttuuriperinnön säilyttäminen ja perinnebiotooppien tarjoamat ekosysteemipalvelut .....	150
6.3.5	Valkoposkikihanhien aiheuttamien maatalousvahinkojen ehkäisy.....	155
6.4	Yhteenveto hankkeiden tuloksista .....	159
6.5	Tulosten hyödyntäminen päätöksenteossa.....	159
6.6	Tarpeet jatkotutkimuksille .....	162
6.7	Kirjallisuus .....	164
<b>7</b>	<b>Työkaluja parempaan maatalousympäristön tilan hoitoon .....</b>	<b>166</b>
7.1	Johdanto .....	166
7.2	Hankkeissa tarkastellut ongelmat .....	167
7.2.1	Nautakarjatilojen ravinnetalouden kehittäminen .....	167
7.2.2	Suunnittelutyökalujen kehittäminen .....	169
7.2.3	Viestinnän kehittäminen .....	170
7.3	Hankkeiden tulokset .....	171
7.3.1	Nautakarjatilojen ravinnetalouden kehittäminen .....	171
7.3.2	Suunnittelutyökalujen kehittäminen .....	174
7.3.3	Viestinnän kehittäminen .....	182
7.4	Tulosten hyödyntäminen päätöksenteossa.....	183
7.5	Tarpeet jatkotutkimuksille .....	185
7.6	Kirjallisuus .....	186

## ESIPUHE

Maatalouden ympäristövaikutusten tutkimusohjelma oli maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön yhteinen ponnistus. Ministeriöissä koottiin yhdeksi kokonaisuudeksi maatalouden ympäristökysymyksiin liittyneet tutkimushaasteet ja listattiin vuonna 2015 esillä olleet kysymykset, joihin arvioitiin kaivattavan vastauksia lähivuosina. Ohjelma oli hyvin politiikkarelevantti, koska sen tarpeet kumpusivat ajankohtaisista kysymyksistä. Tämä osaltaan motivoi tutkijoita.

Tutkimusohjelman toteutustapa oli uudenlainen. Ohjelma oli ikään kuin sateenvarjo erilaisille tutkimushankkeille, joilla oli itsenäinen rahoitus. Tällä ratkaisulla haluttiin koota tärkeät tutkimushankkeiden aiheet samaan kokonaisuuteen ja siten edistää tutkimushankkeiden välistä vuoropuhelua. Ohjelman puitteissa toteutettiin useita hyvin erilaisia tutkimushankkeita. Kuitenkin niillä kaikilla oli yhteinen nimittäjä: arvioida ja tutkia nykypolitiikan ympäristövaikutuksia tai tuottaa ratkaisuja siihen, miten maatalouden ympäristöohjausta voisi parantaa. Tutkimusohjelman järjestämät seminaarit ja tiedotus verkon kautta osoittautui olleen hyvä tapa jakaa tietoa ja kiinnostus niihin oli suuri. Tämä osoittaa myös sen, että maatalouden ympäristökysymykset ja niihin soveltuvat ratkaisut kiinnostavat laajasti.

MATO-ohjelma pystyi vuosien aikana tuottamaan politiikkarelevanttia tutkimusta. Tuloksia on hyödynnetty laajasti Suomessa uuden maatalouspolitiikan valmistelussa. Tieteellinen vaikuttavuus on tärkeä tutkijoiden työn motivoija. Useiden hankkeiden kohdalla tämä näkyi tieteellisinä artikkeleina hankkeen tuotosten joukossa. Kiitos kaikille tutkijoille, tutkimusohjelman koordinaattorille, kaikkien hankkeiden ohjausryhmille ja seminaarien osallistujille, yhdessä teimme tästä tutkimusohjelmasta menestyksen!

Heinäkuu 2021

**Eero Pehkonen**

MATO-ohjelman ohjausryhmän puheenjohtaja

## Raportin toimittajat

Mikko Kuussaari, Suomen ympäristökeskus, mikko.kuussaari@syke.fi  
Terho Hyvönen, Luonnonvarakeskus, terho.hyvonen@luke.fi  
Jari Koskiahho, Suomen ympäristökeskus, jari.koskiahho@syke.fi  
Riitta Lemola, Luonnonvarakeskus, riitta.lemola@luke.fi  
Sirkka Tattari, Suomen ympäristökeskus, sirkka.tattari@syke.fi

## Raportin muut kirjoittajat

Jukka Forsman, Luonnonvarakeskus, jukka.forsman@luke.fi  
Janne Helin, Luonnonvarakeskus, janne.helin@luke.fi  
Janne Heliölä, Suomen ympäristökeskus, janne.heliola@syke.fi  
Emmi Haltia, Luonnonvarakeskus, emmi.haltia@luke.fi  
Mikko Jaakkola, Varsinais-Suomen ELY-keskus, mikko.j.jaakkola@ely-keskus.fi  
Kirsi Järvenranta, Luonnonvarakeskus, kirsi.jarvenranta@luke.fi  
Marja Jalli, Luonnonvarakeskus, marja.jalli@luke.fi  
Petri Kapuinen, Luonnonvarakeskus, petri.kapuinen@luke.fi  
Jyrki Kataja, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, jyrki.kataja@jamk.fi  
Karoliina Kinnunen Mohr, Kaskas Media Oy, karoliina@kaskasmedia.fi  
Kaisa Kuoppala, Luonnonvarakeskus, kaisa.kuoppala@luke.fi  
Sanna Kykkänen, Luonnonvarakeskus, sanna.kykkänen@luke.fi  
Saara Lind, Luonnonvarakeskus, saara.lind@luke.fi  
Marja Maljanen, Itä-Suomen yliopisto, marja.maljanen@uef.fi  
Olli Niskanen, Luonnonvarakeskus, olli.niskanen@luke.fi  
Pirjo Peltonen-Sainio, Luonnonvarakeskus, pirjo.peltonen-sainio@luke.fi  
Eija Pouta, Luonnonvarakeskus, eija.pouta@luke.fi  
Markku Puustinen, Suomen ympäristökeskus  
Juha Pöyry, Suomen ympäristökeskus, juha.poyry@syke.fi  
Kristiina Regina, Luonnonvarakeskus, kristiina.regina@luke.fi  
Marketta Rinne, Luonnonvarakeskus, marketta.rinne@luke.fi  
Tapio Salo, Luonnonvarakeskus, tapio.salo@luke.fi  
Tuomas Seimola, Luonnonvarakeskus, tuomas.seimola@luke.fi  
Priit Tammeorg, Helsingin yliopisto, priit.tammeorg@helsinki.fi  
Annika Tienhaara, Luonnonvarakeskus, annika.tienhaara@luke.fi  
Eila Turtola, Luonnonvarakeskus, eila.turtola@luke.fi  
Risto Uusitalo, Luonnonvarakeskus, risto.uusitalo@luke.fi  
Perttu Virkajärvi, Luonnonvarakeskus, perttu.virkajarvi@luke.fi  
Helena Äijö, Salaojayhdistys, helena.aijo@salaojayhdistys.fi

## Tiivistelmä

Maatalouden ympäristövaikutusten tutkimusohjelmassa (MATO) 2016-2020 koottiin yhteen maa- ja metsätalousministeriön (MMM) ja ympäristöministeriön (YM) rahoittamat maatalouden ympäristöasioihin liittyvät tutkimushankkeet viiden vuoden ajan. Ohjelma erosi aiemmista tutkimusohjelmista kattamalla maatalouden ympäristönsuojeluun liittyvät kysymykset varsin laajasti ja erityisesti painottamalla voimakkaasti tutkimustulosten sovellettavuutta käytännön päätöksenteossa rahoituspäätösten perusteena. Tämän takia ohjelman rahoitushauissa pyrittiin määrittelemään melko tarkasti ne painopistealueet, joista tutkimusrahoitushakemuksia kunakin vuonna toivottiin.

Tutkimusohjelmalla oli neljä yleisluonteista tavoitetta: (1) edistää maatalouden ympäristötavoitteiden toteutumista, (2) luoda pohjaa tulevan rahoituskauden 2021–2026 ympäristötoimenpiteiden suunnittelulle, (3) tuottaa ratkaisuja ongelmiin, jotka vaikeuttavat ympäristötavoitteiden toteutumista, sekä (4) tuottaa tietoa maaseutuohjelman vaikuttavuuden arvioinnin tueksi. Näiden tavoitteiden taustalla lähtökohtina oli maaseutuohjelman viisi ympäristötavoitetta: (1) vesien ravinnekuormitus vähenee ja vesistöjen tila paranee, (2) maaperän kasvukunto paranee, (3) luonnon monimuotoisuus lisääntyy, (4) kasvihuonekaasupäästöt vähenevät ja ilmastomuutoksen hillintä tehostuu sekä (5) ilmastomuutokseen sopeutuminen tehostuu.

Tutkimusohjelma jakautui seitsemään rahoitettavaan teema-alueeseen, jotka pohjautuivat maaseutuohjelman ja yhteisen maatalouspolitiikan strategisiin tavoitteisiin: (1) Poliitiikka-vaikutukset, (2) Tilatason toimien ympäristötehokkuus, (3) Tiedosta toimintaan, (4) Maaperä, (5) Kiertotalous, (6) Uusiutuvat energialähteet ja (7) Ekosysteemipalvelut. Kullekin teema-alueelle laadittiin omat tarkemmat tutkimustavoitteensa keskittyen MMM:n ja YM:n asiantuntijoiden yhdessä tunnistamiin päätöksenteon kannalta ajankohtaisiin ja tärkeisiin tietotarpeisiin. Rahoitettavien hankkeiden valinnassa painotettiin laaja-alaista, rajat ylittävää yhteistyötä eri tieteenalojen ja tutkimuslaitosten välillä.

Tutkimusohjelman suunnittelusta ja koordinaatiosta vastasi ohjausryhmä, joka koostui pääosin MMM:n ja YM:n asiantuntijoista. Ohjausryhmän apuna toimi osa-aikainen koordinaattori, joka vastasi tutkimusohjelman verkkosivuista, tilaisuuksien järjestämisestä ja toimi ohjausryhmän sihteerinä sekä ohjausryhmän yhdyshenkilönä rahoitettuihin hankkeisiin. Ohjelman koordinaatio toteutettiin erillisenä ministeriöiden yhteisesti rahoittamana Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) hankkeena. Ohjausryhmä ei osallistunut hankkeiden rahoituspäätösten tekoon, vaan MMM ja YM vastasivat itsenäisesti omien rahoituslähteidensä tutkimushankkeiden rahoituspäätöksistä.

Suurin osa (76 %) tutkimusohjelman rahoituksesta jaettiin neljän vuoden aikana 2016–2019 MMM:n Maatilatalouden kehittämisrahaston (Makera) vuosittaisten rahoitushakujen kautta. Ohjelman eri teemat olivat haettavina eri vuosina kukin vuorollaan. Ohjelman 25 hankkeesta 18 rahoitettiin MMM:stä, 6 YM:stä ja 1 Valtioneuvoston kansliasta (VNK) käsin. Viisi YM:n rahoittamaa hanketta saatiin mukaan sisällyttämällä MATO-ohjelmaan ravinteiden kierrätysohjelman (Raki2) tutkimuksellisia osasia sisältäneitä hankkeita. Yhteensä tutkimusohjelman rahoitus oli 5 480 677 €, josta MMM:n rahoitus kattoi 77, YM:n 19 ja VNK:n rahoitus 4 %. Eri tutkimusteemojen osalta tuotetun tiedon kattavuus suhteessa tietotarpeisiin vaihteli suuresti. Tutkimusohjelman painotus rahoitettavien hankkeiden tulosten sovellettavuuteen päätöksenteossa näkyi valtion tutkimuslaitosten suurena roolina MATO-hankkeiden toteuttajina. Yhteensä 25 hankkeesta 80 % oli Luonnonvarakeskuksen (Luke; 16 hanketta) tai Suomen ympäristökeskuksen (SYKE; 4 hanketta) koordinoimia. Vain yksi hanke koordinoitiin yliopistosta käsin. Lähes kaikissa MATO-hankkeissa oli vetäjätahon lisäksi mukana myös muita hankepartnereita.

MATO-ohjelman sekä vahvuutena että heikkoutena voidaan pitää ohjelman huomattavaa laaja-alaisuutta, sillä ohjelma sisälsi hyvin erityyppisiä hankkeita maatalouden ympäristöasioiden alalta. Kun otetaan huomioon ohjelman rahoitettujen hankkeiden suhteellisen pieni määrä ja osin sisällöltään varsin kaukana toisistaan olevat seitsemän tutkimusteema-aluetta, niin oli lähes väistämätöntä, että osa hankkeista jäi yksinäisiksi ilman selkeää yhteistä kosketuspintaa muiden hankkeiden kanssa. Kahden MATO-teeman alla rahoitettiin vain yksi hanke. Tällaisille hankkeille tutkimusohjelma ei juuri tuonut lisäarvoa. Sen sijaan muiden teema-alueiden hankkeille tutkimusohjelma oli todennäköisesti myönteinen, tavalla tai toisella lisäarvoa tuonut seikka. Ohjelman heikkouksina voidaan pitää myös sen kokonaisrahoituksen melko vaatimatonta kokoa sekä sitä, että kustakin tutkimusteemasta oli vain yksi rahoitushaku. Eri teemojen rahoitushakujen porrastaminen usealle vuodelle voidaan nähdä sekä heikkoutena että vahvuutena. Vuosittaisten MATO-seminaarien kannalta oli hyödyllistä, että eri vuosina ohjelmassa oli toteutuksensa eri vaiheissa olevia hankkeita.

Rahoitettujen 25 tutkimushankkeen tärkeimmät tulokset koottiin tiiviissä muodossa viiteen synteesilukuun (Luvut 3–7), joiden sisältöä suunniteltiin kaikkien MATO-hankkeiden yhteisessä työpajassa. Työpajan tuloksena rahoitetut hankkeet jaettiin seuraavien viiden eri synteesiosaston alle: (1) Maatalouden ympäristötoimenpiteiden vaikutus ympäristön tilaan, (2) Maaperä ja ravinnetaseet, (3) Kiertotalous: hiilen ja ravinteiden kierto sekä energiatehokkuus osana kestäväää maataloutta, (4) Maatalouden moninaiset ekosysteemipalvelut ja (5) Työkaluja parempaan maatalousympäristön tilan hoitoon.

### MATO-ohjelman tutkimusten keskeiset suositukset

**Maatalouden ympäristötoimenpiteiden vaikutukset.** Monia ympäristötavoitteita edistävät ympäristöhoitonurmet tulisi kohdentaa aiempaa enemmän eteläiseen Suomeen ja

turvepelloille. Peltoluonnon monimuotoisuuden säilyttämistä tulisi tehostaa tukemalla niitypeltöjen ja kukkakaistojen perustamista sekä pitkäaikaisten luonnonhoitopeltonurmien säilymistä. Toistuvasti tulvan alle jäävät pellot tulisi perustaa suojavyöhykkeiksi tai poistaa viljelystä kokonaan. Talviaikaisen kasvipeitteisyyden vaatimukset ovat tarpeellisimpia Etelä- ja Länsi-Suomessa. Fosfori- ja typpilannoituksen enimmäismäärien säätely on tarpeen koko Suomessa. Lannankäsittelyteknologiaa olisi kehitettävä, jotta lantaa saataisiin siirrettyä kustannustehokkaasti kotieläintiloilta kasvinviljelytiloille. Eteläisessä Suomessa turvepellot tulisi saada kokonaan monivuotiseen viljelyyn. Yksivuotisten kasvien viljelyn lopettaminen turvepelloilla koko maassa olisi perusteltu linjaus kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi.

Ympäristökorvauksen uusien toimenpiteiden vaikuttavuudesta pitäisi kerätä empiiristä tutkimusaineistoa. Olisi myös luotava systemaattinen tiedonkeruujärjestelmä, joka koaisi tutkimuksen käyttöön tietoja peltojen viljavuudesta ja orgaanisen aineksen pitoisuudesta. Vaikuttavuuden arviointijärjestelmää olisi kehitettävä siten, että käytettävissä olisi tarkempaa tietoa eri toimenpiteiden toteutuksesta.

**Maaperä ja ravinnetaseet.** Orgaaninen aines on merkittävä tekijä sadon muodostuksen kannalta. Maan hyvä kasvukunto ehkäisee orgaanisen aineksen häviämistä maasta. Maan orgaanisen aineksen määrää voidaan nostaa myös aluskasveja viljelemällä tai lisäämällä maahan orgaanisia materiaaleja. Pintamaan hiilivaraston kasvattaminen neljällä promillessa vuodessa torjuisi merkittävästi hiilidioksidipitoisuuden nousua ilmakehässä.

Peltojen kalkituksella, ojituksen kunnolla ja vesitaloudella on suuri vaikutus sadon määrään. Hyvä peltojen kasvukunto vähentää myös ravinnekuormitusta. Peltojen vesitalouden ongelmat kytkeytyvät erityisesti vuokrapeltoihin. Ojituksen tilan parantamiseksi heikkosatoisilla lohkoilla tarvitaan välittömiä toimenpiteitä, mikäli lohkot halutaan säilyttää viljelyksessä.

Typpitase huomioi satotason enimmäislannoitusrajoja paremmin. Jos typpitase on korkea, nyt kehitetty laskuri auttaa suuntaamaan toimenpiteitä ympäristömyönteiseen suuntaan. Taloudellisesti optimaalisen typpilannoituksen arvioimiseksi olisi hyödyllistä selvittää myös ilman lannoitusta saavutettava satotaso.

Eroosiontorjunta usean vuoden mittaisen kasvipeitteen avulla on tehokas toimi herkästi erodoituvilla mailla. Pitempiaikainen kasvipeitteisyys kuitenkin kasvattaa liuenneen fosforin huuhtoumaa. Kuvaus fosforin kerrostumisesta ja sen vaikutuksista ravinnekuormitukseen olisi sisällytettävä päätöksenteon tukena oleviin malleihin.

Viljelykasvit, joiden kasvua rikkakasvit, kasvitaudit tai tuhoeläimet eivät rajoita, hyödyntävät tehokkaasti niille annetut ravinteet ja tuottavat suuremman ja laadukkaamman sadon. Rikkakasvien torjunta vapauttaa ravinteita viljelykasvien käyttöön. Kasvinterveyden ympäristövaikutus on merkittävä viljoilla ja nurmikasveilla niiden suuren viljelypinta-alan vuoksi.

**Kiertotalous.** Ravinteiden kierrätyspotentialin täysimääräinen hyödyntäminen peltoviljelyssä olisi merkittävä edistysaskel kestäväen maatalouden suuntaan. Kierrätyslannoitteet tuottavat tilastollisesti samanveroisia satoja mineraalilannoitteiden kanssa. Kierrätettyjen ravinteiden hyödyntämisen edellytyksenä maataloudessa ovat viljelijöiden saatavilla olevat laadukkaat, toimivat ja turvalliset tuotteet sekä viljelijöiden riittävä tietotaso, luottamus ja osaaminen kierrätyslannoitteiden käytön suhteen. Tuotteiden tulee olla olomuodoiltaan tilojen kalustoon yhteensopivia tai vaihtoehtoisesti urakointipalvelut pitää olla saatavilla kustannustehokkaasti.

Fosforikuormituksen vähentämisessä laajamittaisen ja pitkäjänteisen hoitokalastuksen vaikutukset järvissä ovat suuruusluokaltaan vertailukelpoisia laaja-alaisten peltotoimenpiteiden kanssa.

Maatalouden teknologiset investoinnit ovat aina myös energiatehokkuusinvestointeja. Järkevät energiatehokkuus- ja -omavaraisuusinvestoinnit vaativat hyvää kilpailuttamisosaamista ja hyötyvät joukkovoimasta.

**Ekosysteemipalvelut.** Maatalouspolitiikan suunnittelussa tulee painottaa niitä ekosysteemipalveluita, joita kansalaiset pitävät tärkeinä, mutta joiden tuotannossa koetaan olevan parantamisen varaa. Tällaisia ovat kasveja pölyttävien hyönteisten säilyminen, maisema, luonnontilaisten kasvi- ja eläinlajien sekä ekosysteemien säilyminen maatalousympäristössä sekä maatalouden kulttuuriperintö.

Lähes 30 prosenttia viljelijöistä on valmiita tuottamaan palveluita kansalaisten keskimääräistä maksuhalukkuutta alemmalla korvaustasolla. Tuotannon tukea voitaisiinkin kohdentaa erityisesti näille viljelijöille. Näin osa viljelijöistä valitsisi tuotantosuunnakseen ekosysteemipalveluiden tuotannon, esimerkiksi maisemapalvelut tai biodiversiteetin.

Kimalaisten laskenta vakiolinjoilta on kansalaisseurantana hyvin toimiva menetelmä pölyttäjähyönteisten kannankehityksen seuraamiseksi. Toteutetun kolmen vuoden pilotoinnin pohjalta tulisi aloittaa pysyvä, vuosittainen pölyttäjäseuranta.

Tarhamehiläisen pesien sijoittaminen viljelysten laitamille voi tuottaa huomattavan sadonlisän hyönteispölytteisillä viljelykasveilla. Tarve mehiläispesien käyttöön viljelykasvien pölytyspalveluna on kasvussa. Pölytyspalvelusta tulisi maksaa korvaus tarhaajalle.

Peltojen hiilensidonnasta tarvitaan jatkotutkimuksia, sillä nurmipeltojen maastomittaukset tuottivat yllätyksiä ja paljastivat huomattavia aukkoja nykytietämyksessä.

Hanhivahinkojen vähentämiseksi tarvitaan riittävän suuria hanhille suunnattuja peltoja, joilla on tarjolla hanhien suosimaa ravintoa. Hanhien aktiivinen karkotus hanhipeltojen ulkopuolisilta alueilta on tärkeää, jotta hanhipelloilla saavutettaisiin haluttu vaikutus.

**Kohti parempaa maatalousympäristön tilan hoitoa.** Nautakarjatiloiilla nykyiset ympäristökorvauksen fosforilannoitusrajat antavat taloudellisesti järkevän sadon, mutta johtavat pitkällä aikavälillä fosforivarantojen laskuun silloinkin, kun se on tarpeetonta.

Samaa fosforimäärää käytettäessä lietteenlevityksestä aiheutuu enemmän fosforikuormitusta kuin keväällä väkilannoitteena annetusta fosforista. Fosforin hyväksikäyttöä voidaan parantaa käyttämällä riittävää typpilannoitusta, täydentämällä lietelannoitusta väkilannoitetyypellä, levittämällä lietettä mahdollisimman paljon keväällä ja alkukesällä, sekä suosi-malla syksyllä lietteen levityksessä maahansijoitusmenetelmää.

Kevennetyllä maanmuokkauksella voidaan suosia lieropopulaatioita, joilla on positiivinen vaikutus maaperän kasvukuntoon.

Pitkäikäisillä viherkesannoilla voidaan edistää pölyttäjähönteiskantoja paikallisesti. Hyviä tuloksia saavutetaan jo yhden tukikauden aikana (5 vuotta), mutta kantojen säilymisen kannalta on tärkeää jatkaa kesannointia yli tukikausien. Jo pienellä (2–3) niittykasvien laji-määrällä saadaan aikaiseksi pölyttäjiä houkutteleva kesanto.

Pölyttäjäkantojen vahvistaminen valtakunnallisesti vaatisi pölyttäjiä houkuttelevilla kasvi-lajeilla perustettujen pitkäaikaisten viherkesantojen, kuten luonnonhoitopeltojen pin-ta-alan kasvattamista.

Monipuolinen viljelykierto edistää luonnon monimuotoisuutta ja parantaa maan kasvu-kuntoa. Mikäli viljelijät ottaisivat Viljelykierto-työkalun ehdottamat kierrot täysimittaisina käyttöön, laskisi yksipuolisten viljalajikiertojen ala huomattavasti Etelä-Suomessa ja kat-kaisukasvikierrat yleistyisivät pohjoisemmassa.

LumoVesi-työkalun avulla maatalousneuvojat ja viljelijät voivat visuaalisesti hahmot-taa eri toimenpiteiden vaikutuksia luonnon monimuotoisuuden edistämiseen ja ra-vinnepäästöjen vähentämiseen erityyppisillä pelloilla. Se auttaa kohdentamaan ym-päristötoimenpiteitä niille tilan pelloille, joilla saadaan parhaat monimuotoisuus- ja vesiensuojeluvaikutukset.

KOTOMA-karttatyökalulla voidaan hahmottaa, mille peltolohkoille vesiensuojelutoimenpi-teitä kannattaa sijoittaa niiden vaikuttavuuden maksimoimiseksi.

Viljelijöiden ympäristöneuvonta kaipaa uudistamista. Viljelijät kokevat, että tilakohtainen neuvonta ja ajankohtainen tutkimustieto eivät linkity riittävästi. Siksi uutta tietoa on vai-keaa soveltaa omalla maatilalla. Tiedotettaessa maatalouden ympäristövaikutuksista tulisi paremmin ottaa huomioon viljelijän näkökulma ja välttää viljelijän syyllistämistä.



## Sammandrag

Forskningsprogrammet om jordbrukets miljökonsekvenser 2016–2020 sammanställde i fem år forskningsprojekt kring miljöfrågor inom jordbruket som jord- och skogsbruksministeriet och miljöministeriet finansierat. Till skillnad från tidigare forskningsprogram omfattade programmet frågor kring miljöskydd inom jordbruket relativt brett och i synnerhet genom att starkt betona möjligheten att tillämpa forskningsrön i praktiskt beslutsfattande som grund för finansieringsbeslut. Därför var syftet i utlysningar av finansiering i programmet att relativt noggrant fastställa de fokusområden från vilka ansökningar om forskningsfinansiering önskades varje år.

Forskningsprogrammet hade fyra allmänna mål: (1) främja uppnåendet av miljömål inom jordbruket, (2) skapa en grund för planeringen av miljöåtgärder för följande finansieringsperiod 2021–2026, (3) ta fram lösningar på problem som försvårar uppnåendet av miljömål, och (4) ta fram information till stöd för bedömningen av landsbygdsprogrammets effektivitet. Utgångspunkten för dessa är de fem miljömålen i landsbygdsprogrammet: (1) näringsbelastningen på vattendrag minskar och tillståndet i vattendragen förbättras, (2) jordmånens bördighet förbättras, (3) den biologiska mångfalden ökar, (4) växthusgasutsläppen minskar och uppbromsningen av klimatförändringen effektiviseras och (5) anpassningen till klimatförändringen effektiviseras.

Forskningsprogrammet indelades i fem tematiska områden som finansierades och dessa grundade sig på de strategiska målen i landsbygdsprogrammet och den gemensamma jordbrukspolitiken. (1) Politiska konsekvenser, (2) Miljöeffektivitet i åtgärder på gårdsnivå, (3) Från information till handling, (4) Jordmån, (5) Cirkulär ekonomi, (6) Förnybara energikällor och (7) Ekosystemtjänster. För varje tematiskt område utarbetades noggrannare forskningsmål med fokus på de informationsbehov som sakkunniga vid jord- och skogsbruksministeriet och miljöministeriet tillsammans identifierat och som med tanke på beslutsfattande var viktiga och aktuella. I valet av projekt som finansieras viktades omfattande, gränsöverskridande samarbete mellan olika vetenskapsområden och forskningsinstitut.

En styrgrupp som huvudsakligen bestod av sakkunniga vid jord- och skogsbruksministeriet och miljöministeriet ansvarade för planeringen och samordningen av forskningsprogrammet. Styrgruppen bistods av en samordnare på visstid som ansvarade för forskningsprogrammets webbplats, för att ordna tillställningar och fungerade som styrgruppens

sekreterare och kontaktperson till finansierade projekt. Samordningen av programmet genomfördes som ett separat projekt vid Finlands miljöcentral med gemensam finansiering från ministerierna. Styrgruppen deltog inte i beslutsfattandet avseende finansieringen av projekt, utan jord- och skogsbruksministeriet och miljöministeriet ansvarade självständigt för beslut om finansiering för forskningsprojekt från sina egna finansieringskällor.

Merparten (76 %) av finansieringen i forskningsprogrammet tilldelades under fyra år 2016–2019 genom jord- och skogsbruksministeriets Gårdsbrukets utvecklingsfond via årliga utlysningar. Det var möjligt att ansöka om finansiering för programmets olika teman, var och en i sin tur under olika år. Av programmets 25 projekt finansierade jord- och skogsbruksministeriet 18 projekt, miljöministeriet 6 projekt och statsrådets kansli 1 projekt. Fem projekt som finansierades av miljöministeriet kunde inkluderas genom att ta med projekt som omfattade forskningsinriktade delar från programmet för återvinning av näringsämnen (Raki2) som ingick i forskningsprogrammet om jordbrukets miljökonsekvenser. Totalt uppgick finansieringen av forskningsprogrammet till 5 480 677 €, varav jord- och skogsbruksministeriets finansiering uppgick till 77 procent, miljöministeriets till 19 procent och statsrådets kanslis till 4 procent. Omfattningen av den information som tagits fram för respektive forskningstema i förhållande till behovet av information varierade stort. Forskningsprogrammets vikt på att resultaten från de projekt som finansieras ska vara tillämpliga i beslutsfattandet kunde ses i den stora andelen statliga forskningsinstitut bland genomförarna av projekt inom forskningsprogrammet om jordbrukets miljökonsekvenser. Av totalt 25 projekt samordnades 80 procent av Naturresursinstitutet (16 projekt) eller av Finlands miljöcentral (4 projekt). Endast ett projekt samordnades av ett universitet. Utöver den styrande parten deltog dessutom övriga projektpartner i nästan alla projekt inom forskningsprogrammet.

Det kan anses som både styrka och svaghet för forskningsprogrammet om jordbrukets miljökonsekvenser att programmet är mycket omfattande, eftersom det inbegrep projekt av mycket olika slag kring miljöfrågor inom jordbruket. Då man beaktar det relativt låga antalet projekt som finansierades i programmet och de sju forskningstemaområden som var rätt så långt från varandra vad gäller innehåll, var det nästan oundvikligt att en del av projekten blev isolerade utan en klar kontaktyta mot de övriga projekten. Inom två teman i forskningsprogrammet finansierades endast ett projekt. För sådana projekt gav forskningsprogrammet inget mervärde. Däremot var forskningsprogrammet sannolikt en positiv faktor som på ett eller annat sätt gav mervärde till projekten inom de övriga tematiska områdena. Det kan anses som svagheter i programmet att helhetsfinansieringen var rätt så anspråkslös till sin storlek och att det endast gjordes en utlysning av finansiering för varje forskningstema. Genomförandet av utlysningarna stegvis under flera år kan anses både som en svaghet och styrka. Med tanke på årliga seminarier kring forskningsprogrammet om jordbrukets miljökonsekvenser var det fördelaktigt att det i programmet under olika år fanns projekt i olika stadier av genomförande.

De viktigaste resultaten av de 25 finansierade forskningsprojekten sammanställdes komprimerat i fem synteskapitel (kapitel 3–7) vars innehåll planerades i en workshop som var gemensam för alla projekt i forskningsprogrammet. Till följd av workshopen delades projekten som finansierades in under följande fem syntesrubriker: (1) Konsekvenser av miljöåtgärder inom jordbruket på miljöns tillstånd, (2) Jordmån och näringsbalanser, (3) Cirkulär ekonomi: kol- och näringscykel samt energieffektivitet som en del av hållbart jordbruk, (4) Jordbrukets mångskiftande ekosystemtjänster och (5) Verktyg för bättre förvaltning av gårdar inom jordbruksmiljön.

### Centrala rekommendationer från forskningarna i forskningsprogrammet om jordbrukets miljökonsekvenser

**Konsekvenser av miljöåtgärder inom jordbruket.** Miljövårdsvallar som främjar flera miljösmål ska riktas i en allt större utsträckning till södra Finland och torvmarksåkrar. Bevarandet av mångfalden i åkernaturen ska effektiviseras genom att stödja inrättandet av ängsåkrar och områden med blommande växter samt bevarandet av långfristiga naturvårdsåkermarker. Åkrar som upprepade gånger översvämmas ska fastställas som skyddszoner eller tas helt ur jordbruksdrift. Krav på ett vintertida växttäckande är mest nödvändiga i Södra och Västra Finland. Regleringen av maximala mängder för fosfor- och kvävegödsel är nödvändig i hela Finland. Tekniken för behandling av stallgödsel ska utvecklas för att stallgödsel på ett kostnadseffektivt sätt ska kunna transporteras från husdjursgårdar till gårdar med växtodling. I södra Finland bör torvmarksåkrarna i sin helhet användas för flerårig odling. För att minska växthusgasutsläppen skulle avvecklingen av odlingen av ettåriga växter på torvmarksåkrar i hela landet vara en motiverad riktlinje.

Empiriskt forskningsmaterial ska samlas om effekten av de nya åtgärderna i miljöersättningen. Dessutom ska det tas fram ett system för systematisk datainsamling som för användning i forskning skulle sammanställa uppgifter om bördigheten och halterna av organiskt material i åkrarna. Systemet för effektbedömning ska utvecklas så att det finns tillgång till exaktare uppgifter om genomförandet av olika åtgärder.

**Mark och näringsbalanser.** Organiskt material är en betydande faktor för att skörd ska fås. Om marken har en god bördighet förebygger det att organiskt material försvinner ur marken. Det är även möjligt att öka mängden av organiskt material i marken genom att odla insåningsgrödor eller nedbruka organiskt material i jorden. Genom att öka kollagret i ytskiktet med fyra promille per år kan koldioxidhalternas ökning i atmosfären stävjas betydligt.

Kalkningen av åkrar, dikenas skick och vattenhushållningen är av stor vikt för skördemängderna. God bördighet i åkrar minskar även näringsbelastningen. Problem med vattenhushållningen på åkrar är särskilt kopplade till arrendeåkrar. För att förbättra dikenas skick

i skiften som ger dåliga skördar krävs omedelbara åtgärder, om avsikten är att fortsätta odlingen på skiftena.

Kvävebalansen tar bättre hänsyn till skördenivån än gränserna för maximala gödselmängder. Om kvävebalansen är hög hjälper den nu framtagna kalkylatorn att styra åtgärderna i en miljövänlig inriktning. För att bedöma en ekonomiskt optimal kvävegödsling är det bra att även reda ut en hur hög skördenivå som kan uppnås utan gödsling.

Erosionsbekämpning genom ett flerårigt växttäck är en effektiv åtgärd på marker som lätt eroderas. Ett långfristigare växttäck ökar dock urlakningen av fosfor som lösts upp. En beskrivning av skiktningen av fosfor och dess konsekvenser för näringsbelastningen ska inkluderas i modellerna som används till stöd för beslutsfattande.

Odlingsväxter, vars tillväxt inte begränsas av ogräsväxter, växtsjukdomar eller skadedjur, utnyttjar effektivt de näringsämnen de får och ger en större och högklassigare skörd. Bekämpningen av ogräsväxter befriar näringsämnen för att upptas av odlingsväxter. Miljökonsekvensen av växthälsa är betydande för sädesslag och vallväxter till följd av den stora areal på vilken de odlas.

**Cirkulär ekonomi.** Fullt utnyttjande av återvinningspotentialen i näringsämnen inom åkerbruk skulle vara ett betydande framsteg mot ett hållbart jordbruk. Enligt statistiken ger återvunnen gödsel motsvarande skördar som mineralgödsel. En förutsättning för användning av återvunnen gödsel inom jordbruk är att jordbrukare har tillgång till högkvalitativa, fungerande och säkra produkter samt att jordbrukare vad gäller användningen av återvunnen gödsel har en tillräcklig kunskapsnivå, tillit och kompetens. Produkterna ska till sin konsistens vara kompatibla med utrustningen på gårdar eller alternativt ska det vara möjligt att på ett kostnadseffektivt sätt få tillgång till entreprenadsservice.

Till sin storleksklass är den effekt som omfattande och långsiktigt vårdfiske har på minskningen av fosforbelastning i sjöar jämförbar med omfattande åtgärder på åkrar.

Investeringar i teknik inom jordbruket är även alltid investeringar i energieffektivitet. Rationella investeringar i energieffektivitet och självförsörjning kräver alltid god kompetens i konkurrensutsättning och gynnas av kollektiv styrka.

**Ekosystemtjänster.** I planeringen av jordbrukspolitik ska man vikta de ekosystemtjänster som medborgare anser viktiga, men i produktionen av vilka det anses finnas utrymme för förbättring. Sådana ekosystemtjänster är bevarandet av insekter som pollinerar växter, landskapet, bevarandet av naturliga växt- och djurarter samt ekosystem i jordbruksmiljön samt jordbrukets kulturarv.

Nästan 30 procent av jordbrukarna är redo att producera tjänster på en lägre ersättningsnivå än vad medborgare i genomsnitt är villiga att betala. Produktionsstöd kunde allokeras i synnerhet till dessa jordbrukare. På så sätt skulle en del av jordbrukarna som produktionsinriktning välja produktionen av ekosystemtjänster, till exempel landskapstjänster eller biodiversitet.

Beräkningen av humlor på fasta linjer har fungerat väl som medborgaruppföljning i syfte att följa upp hur bestånden av pollinerande insekter utvecklas. På grundval av det genomförda treåriga pilotprojektet ska en permanent årlig pollineraruppföljning införas.

Att placera kupor med honungsbin vid kanterna av odlingarna kan öka skördemängden betydligt för odlingsväxter som behöver insektpollinering. Behovet av bikupor som pollineringsstjänst för odlingsväxter ökar. En ersättning ska betalas för pollineringsstjänsten till biodlaren.

Fortsatt forskning om kolbindningen i åkrar behövs, eftersom terrängmätningarna i vallar medfört överraskningar och avslöjat betydande luckor i dagens kunskap.

För att minska skador orsakade av gäss behövs tillräckligt stora åkrar för gäss med föda som gässen tycker om. Aktiv fördrivning av gäss från områden utanför gåsåkrarna är viktig för att den önskade effekten ska uppnås med gåsåkrarna.

**Mot bättre förvaltning av gårdar inom jordbruksmiljön.** På nötboskapsgårdar ger de nuvarande begränsningarna av fosforgödsling som omfattas av miljöersättningen en ekonomiskt rimlig skörd, men leder på lång sikt till att fosforreserverna minskar även då det inte är nödvändigt.

Då samma mängd fosfor används orsakar spridningen av flytgödsel mer fosforbelastning än fosfor från handelsgödsel som sprids på våren. Det är möjligt att förbättra utnyttjandet av fosfor genom att använda tillräcklig kvävegödsling, komplettera flytgödseln med kväve i handelsgödsel, sprida flytgödsel i möjligast stor utsträckning på våren och försommaren och på hösten prioritera placering av gödsel i marken.

Det är möjligt att genom ytligare jordbearbetning gynna dagmaskpopulationer som har en positiv inverkan på jordmånens bördighet.

Genom långfristiga grölträdor är det möjligt att öka bestånden av pollinerande insekter lokalt. Goda resultat uppnås redan under en stödperiod (5 år), men för att bestånden ska bevaras är det viktigt att fortsätta trädesläggningen efter stödperioderna. Det är möjligt att skapa en lockande grölträda för pollinerare redan med ett litet (2–3) antal ängsväxtarter.

Ökandet av pollinerarbestånd på riksomfattande nivå skulle kräva att arealen för långfristiga gröenträdor som upprättats med växtarter som lockar pollinerare, till exempel naturvårdsåkrar, ökas.

Mångsidigt växelbruk främjar den biologiska mångfalden och förbättrar markens bördighet. Om jordbrukare i full skala skulle ta i bruk de kretslopp som verktyget Viljelykierto föreslår, skulle arealen med kretslopp med ensidiga sädesslag minska betydligt i Södra Finland och kretslopp med växelodling bli vanligare norrut.

Med verktyget LumoVesi kan jordbruksrådgivare och jordbrukare visuellt gestalta hur olika åtgärder påverkar främjandet av den biologiska mångfalden och minskandet av näringsutsläpp på åkrar av olika typer. Verktöget bidrar till att rikta miljöåtgärder till de åkrar på gården där de bästa konsekvenserna för mångfald och vattenskydd kan uppnås.

Med kartverktyget KOTOMA är det möjligt att gestalta till vilka åkerskiften det är bra att rikta vattenskyddsåtgärder för att maximera deras effekt.

Miljörådgivningen för jordbrukare bör ses över. Jordbrukare tycker att gårdsspecifik rådgivning och aktuella forskningsrön inte är tillräckligt sammanlänkande. Därför är det svårt att tillämpa ny information på den egna gården. Vid kommunikation om jordbrukets miljökonsekvenser bör mer hänsyn tas till jordbrukarens perspektiv och skuldbeläggande av jordbrukare undvikas.

## Summary

The Research Programme on the Agri-environmental Impacts (MATO) 2016-2020 brought together research projects related to agri-environmental issues funded by the Ministry of Agriculture and Forestry and the Ministry of the Environment over a period of five years. The programme differed from previous research programmes by covering the environmental protection issues related to agriculture quite extensively, and in particular by placing a strong emphasis on the applicability of research results in practical decision-making as a basis for funding decisions. For this reason, the programme's funding application processes sought to fairly thoroughly define the priority areas for which research funding applications were requested each year.

The research programme had four general objectives: (1) to promote the realisation of agri-environmental objectives, (2) to lay the foundation for the planning of environmental measures in the forthcoming funding period 2021-2026, (3) to produce solutions to problems that make it difficult to achieve environmental objectives, and (4) to produce information to support the evaluation of the effectiveness of the rural programme. These objectives were based on the five environmental objectives of the Rural Development Programme: (1) reduce nutrient load in waters and improve the state of water systems, (2) improve the growing conditions of soil, (3) increase biodiversity, (4) reduce greenhouse gas emissions and improve climate change mitigation, and (5) more effective adaptation to climate change.

The research programme was divided into seven thematic areas funded based on the strategic objectives of the Rural Development Programme and the EU's common agricultural policy: (1) Policy impacts, (2) Environmental efficiency of farm level actions, (3) From knowledge to action, (4) Soil, (5) The circular economy, (6) Renewable energy sources and (7) Ecosystem services. More detailed research objectives were drawn up for each theme area, focusing on the current and important information needs important for decision making identified by experts from the Ministry of Agriculture and Forestry and the Ministry of the Environment. When selecting projects to be funded, an emphasis was placed on extensive cross-border cooperation between different disciplines and research institutes.

The steering group, which mainly comprised experts from the Ministry of Agriculture and Forestry and the Ministry of the Environment, was responsible for the planning and

coordination of the research programme. The steering group was assisted by a part-time coordinator, who was responsible for the research programme's website and the organisation of events, served as the secretary of the steering group and the contact person of the steering group for funded projects. The coordination of the programme was implemented as a separate project of the Finnish Environment Institute (SYKE), which was jointly funded by the ministries. The steering group did not take part in each project's funding decisions, but the Ministry of Agriculture and Forestry and the Ministry of the Environment were independently responsible for funding decisions of research projects funded by their funding sources.

The majority (76%) of the funding for the research programme was distributed during the four years 2016-2019 via annual funding applications to the Ministry of Agriculture and Forestry's Development Fund for Agriculture and Forestry. Funding for the programme's different themes were up for application during different years. Of the programme's 25 projects, 18 received funding from the Ministry of Agriculture and Forestry, 6 from the Ministry of the Environment and 1 from the Prime Minister's Office. Five projects funded by the Ministry of the Environment were included in the MATO programme by including projects containing research elements from the nutrient recycling programme (Raki2). The funding for the research programme totalled EUR 5,480,677, of which the Ministry of Agriculture and Forestry funding 77%, the Ministry of the Environment funded 19% and the Prime Minister's Office funded 4%. In terms of different research themes, the coverage of the produced data in relation to information needs varied greatly. The focus of the research programme on the applicability of the results of projects to be funded in decision-making was reflected in the large role played by the state research institutes as implementers of MATO projects. Of the 25 projects, 80% were coordinated by Natural Resources Institute Finland (Luke; 16 projects) or the Finnish Environment Institute (SYKE; 4 projects). Only one project was coordinated by the university. Almost all MATO projects included a leader organisation as well as other project partners.

The MATO programme's considerable scope can be considered both a strength and a weakness as the programme included a wide range of projects in the field of agri-environment. In view of the relatively small number of projects funded by the programme and, the seven research thematic areas that were in part quite distant from one another, it was almost inevitable that some of the projects remained separate entities without a clear common interface with other projects. Only one project was funded under two MATO themes. For such projects, the research programme provided little added value. On the other hand, the research programme was probably a positive push for projects in other thematic areas and brought added value in one way or another. The fairly modest size of the programme's total funding and the fact that there was only one funding application for each research theme can be considered the programme's weaknesses. The staggering of funding applications for different themes over several years can be seen as both a



weakness and strength. It was useful with regard to the annual MATO seminars that there were projects at different stages of implementation during different years.

The key results of the 25 funded research projects were compiled in concise form in five synthesis chapters (Chapters 3-7), the content of which was planned in a joint workshop for all the MATO projects. As a result of the workshop, the funded projects were divided under the following five synthesis headings: (1) Impact of agri-environmental measures on the state of the environment, (2) Soil and nutrient balances, (3) The Circular Economy: Carbon and nutrient cycle and energy efficiency as part of sustainable agriculture, (4) Diverse ecosystem services in agriculture and (5) Tools for better management of the state of the agricultural environment.

### Key recommendations of MATO programme studies

**Impacts of agri-environmental measures.** Environmental fallows that promote many environmental goals should be aimed more to southern Finland and peat fields. The preservation of agro-biodiversity should be enhanced by supporting the establishment of meadow fields and wildflower strips and the preservation of long-term set-asides. Fields that are repeatedly left under flood waters should be established as buffer zones or completely removed from cultivation. Winter vegetation cover requirements are most necessary in Southern and Western Finland. The regulation of the maximum levels for phosphorus and nitrogen fertilisation is necessary throughout Finland. Manure management technologies should be developed to allow for the cost-effective transfer of manure from livestock farms to crop farms. In southern Finland, peat fields should be fully in perennial cultivation. The cessation of annual peatland crop cultivation across the country would be a justified policy for reducing greenhouse gas emissions.

Empirical research data should be collected on the effectiveness of new environmental compensation measures. A systematic data collection system should also be established to gather data for use in research on the fertility and organic matter content of fields. The impact assessment system should be developed to provide more detailed information on the implementation of the various measures.

**Soil and nutrient balances.** Organic matter is an important factor in crop formation. Good soil condition prevents the loss of organic matter from the soil. The amount of soil organic matter can also be increased by cultivating cover crops or by adding organic materials to the soil. Increasing the carbon stock in surface soil by 0.4 per cent per year would significantly reduce the rise in carbon dioxide concentrations in the atmosphere.

Liming of fields, the condition of drainage and water management have a large impact on crop yields. Good growing condition of fields also reduces nutrient loading. Problems with

water management are particularly linked to rental fields. In order to improve the status of drainage in low-yield parcels, immediate measures are needed if the parcels are to be kept in cultivation.

Field balance of nitrogen is a better environmental indicator than nitrogen fertilization level as the balance accounts for the achieved crop yield level. If the nitrogen balance is high, the calculator now developed will help to direct the measures in an environmentally friendly direction. In order to assess economically optimal nitrogen fertilisation, it would also be useful to determine the yield level achieved without fertilisation.

The control of erosion with a continuous plant cover is an effective measure for soils sensitive to erosion. However, the longer-term plant cover increases the leaching of dissolved phosphorus. A description of phosphorus deposition on soil surface and its effects on nutrient loading should be included in the models supporting decision-making.

Crops, the growth of which is not limited by weeds, plant diseases or pests, effectively exploit the nutrients given to them and produce larger and higher quality yields. The control of weeds releases nutrients for the use of crops. The environmental impact of plant health is significant for cereals and grass because of their large crop area.

**Circular economy.** Making full use of the nutrient recycling potential in arable farming would be a significant step forward towards sustainable agriculture. Statistically, recycled fertilisers produce equivalent yields with mineral fertilisers. The prerequisites for the utilisation of recycled nutrients in agriculture are high-quality, functional and safe products available to farmers as well as a sufficient level of knowledge, trust and competence of farmers in the use of recycled fertilisers. The products must be compatible with the farm's equipment, or alternatively, contracting services must be available in a cost-effective manner.

The impacts of large-scale and long-term management fishing are comparable in lakes in magnitude with extensive agricultural measures in reducing phosphorus loading.

Technological investments in agriculture are always also energy-efficiency investments. Reasonable investments in energy efficiency and self-sufficiency require good expertise in tendering and will benefit from collective action.

**Ecosystem services.** When planning agricultural policy, emphasis should be placed on ecosystem services that are considered important by citizens, but which still have room for improvement from the viewpoint of production. These include the preservation of insects that pollinate plants, the landscape, the preservation of plant and animal species in their

natural state and preserving ecosystems in the agricultural environment and the cultural heritage of agriculture.

Nearly 30% of farmers are prepared to provide services at a cost lower than what the average citizen is willing to pay. Production support could therefore be targeted specifically to these farmers. In this way, some farmers would choose ecosystem service production, such as landscape services or biodiversity, as their production direction.

Counting of bumblebees from standard study transects is a well-functioning method for citizens to monitor the population trends of pollinator insects. On the basis of a three-year pilot, a permanent annual monitoring scheme of pollinators should be initiated.

The placement of honeybee nests along the edges of cultivated land may result in a significant yield increase for crops that are insect pollinated. The need for beehives as a crop pollination service is increasing. A beekeeper should be paid compensation for the pollination service.

Further research is needed on the carbon sequestration of fields, as the empirical surveys of grassland fields produced surprises and revealed significant gaps in current knowledge.

Sufficiently large fields intended for use by geese which offer food favoured by geese will be needed to reduce damage caused by geese. The active expulsion of geese from areas outside geese fields is important to achieve the desired effect with geese fields.

**Towards the better management of the state of the agricultural environment.** On cattle farms, the current phosphorus fertilisation limits for environmental payments provide economically sensible crops, but in the long term will lead to a decrease in phosphorus reserves even when this is unnecessary.

When using the same amount of phosphorus, sludge application results in more phosphorus loading than the phosphorus given in the spring as a commercial fertiliser. The utilisation of phosphorus can be improved by using sufficient nitrogen fertilisation, by supplementing slurry fertilisation with commercial fertiliser nitrogen, by distributing as much sludge as possible in the spring and early summer, and by favouring the placement method when spreading sludge in the autumn.

Reduced tillage can favour earthworm populations that have a positive impact on soil growth conditions.

Long-term set-asides can be used to promote pollinator insect populations locally. Good results will be achieved during one support period (5 years), but it is important to continue

setting land aside beyond the support periods in order to maintain the populations. Even a small number of sown meadow plant species (2-3) can attract pollinators.

Increasing the vitality of pollinator populations at the national level would require that more long-term set-asides, such as environmental fallows, would be established with plant species that attract pollinators.

Diverse crop rotation promotes biodiversity and improves the growth conditions of soil. If farmers took full advantage of the rotation process proposed by the Viljelykierto (crop rotation) tool, the surface area used for monocropping in Southern Finland would be significantly reduced and cut-off crop rotations would become more common in the north.

The LumoVesi tool allows agricultural advisers and farmers to visually perceive the impacts of different measures on promoting biodiversity and reducing nutrient leaching in different types of fields. It helps target environmental measures to those fields on a farm that have the best biodiversity and water conservation potential.

The KOTOMA map tool can help in understanding which arable parcels water protection measures should be placed on to maximise their effectiveness.

Environmental advisory services for farmers need to be reformed. Farmers feel that farm-specific advice and current research data are not sufficiently linked. For this reason, it is difficult to apply on one's own farm. When communicating about the agri-environmental impacts, the perspective of farmers should be better taken into account and blame should not be placed on farmers.

# 1 Maatalouden ympäristövaikutusten tutkimusohjelman tavoitteet ja toteutus

## 1.1 Johdanto

Maatalouden ympäristövaikutusten tutkimusohjelma (MATO) 2016–2020 esiteltiin tutkijoille maa- ja metsätalousministeriön (MMM) Helsingissä järjestämässä esittely- ja verkostoitumistilaisuudessa syyskuussa 2015. Ohjelman tavoitteena oli koota yhteen MMM:n ja ympäristöministeriön (YM) rahoittamia maatalouden ympäristöasioihin liittyviä tutkimushankkeita viiden vuoden ajan. Se erosi aiemmista tutkimusohjelmista kattamalla maatalouden ympäristönsuojeluun liittyvät kysymykset varsin laajasti ja erityisesti painottamalla voimakkaasti tutkimustulosten sovellettavuutta käytännön päätöksenteossa rahoituspäätösten perusteena. Tämän takia tutkimusohjelman rahoitushauissa pyrittiin määrittelemään melko tarkasti ne painopistealueet, joista tutkimusrahoitushakemuksia kunakin vuonna toivottiin.

Tutkimusohjelman yleisinä tavoitteina olivat:

- Edistää maatalouden ympäristötavoitteiden toteutumista.
- Luoda pohjaa tulevan rahoituskauden 2021-2026 ympäristötoimenpiteiden suunnittelulle
- Tuottaa ratkaisuja ongelmiin, jotka vaikeuttavat ympäristötavoitteiden toteutumista
- Tuottaa tietoa maaseutuohjelman vaikuttavuuden arvioinnin tueksi

Näiden tavoitteiden taustalla lähtökohtina olivat maaseutuohjelman ympäristötavoitteet:

- Vesien ravinnekuormitus vähenee ja vesistöjen tila paranee
- Maaperän kasvukunto paranee
- Luonnon monimuotoisuus lisääntyy
- Kasvihuonekaasupäästöt vähenevät ja ilmastonmuutoksen hillintä tehostuu
- Ilmastonmuutokseen sopeutuminen tehostuu

## 1.2 Tutkimusohjelman teemat ja tavoitteet

Syksyllä 2015 julkaistussa taustadokumentissa esiteltiin MATO-tutkimusohjelman jakautuminen seitsemään rahoitettavaan teema-alueeseen:

- Poliittikkavaikutukset ja niiden yhteensovitus
- Tilatason toimien ympäristötehokkuus sekä tilojen yhteistyömuodot ja niiden lisäarvo
- Tiedosta toimintaan
- Maaperä – tuottavuuden ja ympäristövaikutusten ytimessä
- Kiertotalous – ruokajärjestelmä osana kiertotaloutta
- Uusiutuvat energialähteet - maaseudun ja maatiloiden energiaomavaraisuuden rakennuspalikat, energiasäästön käyttämättömät mahdollisuudet
- Ekosysteempipalvelut – maataloustuotannon tärkeä ulottuvuus

Tutkimusteemat pohjautuivat maaseutuohjelman ja yhteisen maatalouspolitiikan strategiin tavoitteisiin. MATO-ohjelmaan haettiin erityisesti maaseutuohjelman arviointia ja politiikkatavoitteiden toteutumista edistäviä hankkeita. Lisäksi mukaan pyrittiin saamaan myös uutta tietoa seuraavan maaseutuohjelmakauden valmistelun tueksi tuottavia hankkeita. Rahoitettavien hankkeiden valinnassa painotettiin laaja-alaista, rajat ylittävää yhteistyötä eri tieteenalojen ja tutkimuslaitosten välillä. Maatalouden ympäristöongelmat ovat luonteeltaan moniulotteisia, joten niiden ratkomiseen tarvitaan osaamista eri luonnontieteiden ja taloustieteen ohella myös käyttäytymis- ja viestintätieteistä.

MATO-ohjelman seitsemän tutkimusteeman tarkemmat tavoitteet pohjautuivat maa- ja metsätalousministeriön ja ympäristöministeriön asiantuntijoiden yhdessä tunnistamiin päätöksenteon kannalta ajankohtaisiin ja tärkeisiin tietotarpeisiin. Tutkimusohjelman [taustadokumentissa](#) sekä teemakohtaisissa rahoitushauissa tietotarpeet muotoiltiin seitsemän tutkimusteeman alla tutkimuskysymyksiksi, joihin ohjelman hankkeiden toivottiin vastaavan. Alla on listattu teemoittain tutkimuskysymykset, joihin MATO-ohjelmassa haettiin vastauksia.

### Politiikkavaikutukset ja niiden yhteensovitus

- Miten EU:n yhteinen maatalouspolitiikka, kansallinen maaseutuohjelma ja muut politiikkatoimet vaikuttavat kansallisten ja kansainvälisten ympäristötavoitteiden saavuttamiseen?
- Minkälaisia muutoksia tarvitaan paremman ympäristövaikutavuuden saavuttamiseen osana elinkeinollisia tavoitteita?

- Missä määrin ilmastotavoitteita saavutetaan maankäytön muutoksien ohjaamisella?
- Ovatko eri ympäristötavoitteet keskenään ristiriitaisia ja miten tuki- ja ympäristölainsäädäntö vaikuttavat niihin?
- Mitä muutostarpeita ilmastomuutoksen hillintä ja ilmastomuutokseen sopeutuminen aiheuttavat politiikkavälineille pitkällä aikavälillä?
- Miten laajentavat kotieläintilat voivat vastata ilmastotavoitteisiin kasvinviljelyssä ja eläintuotannossa?

### Tilatason toimien ympäristötehokkuus sekä tilojen yhteistyömuodot ja niiden lisäarvo

- Mikä on tilatason eri toimenpiteiden ja tuotantomuotojen tai -suuntien kustannustehokkuus suhteessa saavutettuihin ympäristövaikutuksiin sekä tilan kokonaistalouteen?
- Mikä on monimuotoisuustoimenpiteiden ympäristö- ja kustannustehokkuus?
- Miten Suomen suppea kasvinsuojeluainevalikoima vaikuttaa maatalous-ympäristön tilaan ja uusien kasvilajien ja -lajikkeiden käyttöönottoon?
- Millaiset vaihtoehtoiset kasvinsuojelutavat ovat taloudellisesti kannattavia?

### Tiedosta toimintaan

- Mitkä ovat tärkeimmät tiedonvälityskanavat (kuten lehdistö, sosiaalinen media, virtuaalinen tieto, mielipidejohtajat ja neuvijat) viljelijälle ja miten ne vaikuttavat?
- Miten hallinnon välittämä tieto jalkautuu kentälle, kuka tiedon välittää ja miten käyttökelpoista se on? Missä määrin hallinnon välittämä tieto muuttuu ja missä se muuttuu matkalla viljelijälle?
- Mikä ohjaa viljelijän päätöksentekoa taloudellisten kannusteiden lisäksi?
- Miten uusin tutkimustieto saadaan parhaiten viljelijöiden ja muiden toimijoiden käyttöön ja käytäntöön?

### Maaperä - tuottavuuden ja ympäristövaikutusten ytimessä

- Mikä on eri maanhoidon toimenpiteiden ympäristöllinen ja taloudellinen tehokkuus ilmaston muuttuessa?
- Mitä mahdollisuuksia maaperän hoidolla on parantaa satoa ja tuottavuutta?
- Millä edellytyksillä viljelijä voi hoitaa maaperää (esim. vuokrapellot, perusparannustoimet)?

- Pellon eri käyttömuodot yhteiskunnan näkökulmasta: millainen on riittävä viljelykierto koko maan tasolla ja alueellisesti tuottamattomien nurmien (suoja- vyöhykenurmet, kesannot, luonnonhoitopeltonurmet) ja satokasvien osalta?
- Mikä on peltomaan orgaanisen aineksen merkitys peltoviljelylle ja vesien suojelulle?
- Mitä vaihtoehtoisia mekanismeja ja toimenpiteitä on olemassa hyvän ja tuottavan maaperän tilan saavuttamiseksi ja säilyttämiseksi?
- Mitä mahdollisuuksia on niiden soveltamiseen maatalouspolitiikassa?

### Kiertotalous – ruokajärjestelmä osana kiertotaloutta

- Mitkä ovat maa- ja elintarviketalouden ravinnevirrat ja -vuodot ja niiden taloudellinen merkitys? Mitä uusia keinoja tarvitaan ravinnekierrätyksen tehostamiseksi, kun biohajoavan ja muun orgaanisen jätteen sijoittaminen tavanomaisen jätteen kaatopaikalle kielletään vuoteen 2016 mennessä?
- Mitä sektorirajoja ja/tai tuotantorajoja ylittävää yhteistyötä tarvitaan, jotta syntyisi uusia liiketoimintamahdollisuuksia?
- Mitkä ovat mahdollisuudet orgaanisten sivuvirtojen tehokkaaseen kestäväan yhteisprosessointiin muiden massojen kanssa? Mikä on kierrätysravinteiden käytettävyys ja turvallisuus?
- Mitä uusia teknologisia ratkaisuja on olemassa kiertotalouden edistämiseksi?
- Miten elintarviketalouden yhteistyötä voidaan edistää kiertotalouden keinoin?

### Uusiutuvat energialähteet – maaseudun ja maatilojen energiaomavaraisuuden rakennuspalikat sekä energiasäästön käyttämättömät mahdollisuudet

- Millaisia ovat maatilojen energiatehokkaat tuotantoketjut?
- Mitä mahdollisuuksia on kustannustehokkaaseen, hajautettuun energia- tuotantoon ja sen parantamiseen?
- Mitä mahdollisuuksia on maatilarakentamisen resurssitehokkuuden parantamiseksi (huomioiden nykyiset rakentamis-, turva- ja rakennus- materiaalien laatuvaatimukset sekä rakentamisen energiatehokkuus- tavoitteet rakentamiselle)?
- Mitä mahdollisuuksia on maaseudun ja maatalouden bioenergiaraaka- aineiden (ml. tuotannon sivuvirrat, jätteet, lanta, nurmimassa) kustannustehokkaaseen ja kestäväan käyttöön?



## Ekosysteempipalvelut – maataloustuotannon tärkeä ulottuvuus

- Mikä on eri politiikkavälineiden vaikutus maatalousluonnon monimuotoisuuden kehitykseen?
- Miten ekosysteempipalveluiden taloudellisia vaikutuksia voidaan mitata?
- Mikä on viljelyn monipuolisuuden merkitys maataloustuotannolle ja luonnon monimuotoisuudelle? Mikä on maatalousluonnon monimuotoisuuden (mm. reunavyöhykkeet, viljelemättömät peltokaistat) taloudellinen arvo maataloudelle?
- Miten voidaan maksimoida maatalousluonnon monimuotoisuuden hyödyt ja minimoida haitat?
- Mikä on maatalousmaiseman taloudellinen arvo maaseudulle?
- Miten ekosysteempipalvelujen tuottaminen voitaisiin toteuttaa tulevalla rahoituskaudella?
- Minkälaisia olisivat ekosysteempipalveluiden tilatason indikaattorit?

### 1.3 Ohjelman koordinaatio, rahoitus ja toimintatapa

Tutkimusohjelman suunnittelusta ja koordinaatiosta vastasi MATO-ohjelman ohjausryhmä, joka koostui pääosin MMM:n ja YM:n asiantuntijoista. Ohjausryhmän apuna toimi osa-aikainen koordinaattori, joka vastasi tutkimusohjelman verkkosivuista, tilaisuuksien järjestämisestä ja toimi ohjausryhmän sihteerinä sekä ohjausryhmän yhdyshenkilönä rahoitettuihin hankkeisiin.

Ohjausryhmän puheenjohtajana toimi Eero Pehkonen (MMM) ja varapuheenjohtajana Marja-Liisa Tapio-Biström (MMM). Muut ohjausryhmän työhön vuosina 2016–2021 osallistuneet jäsenet olivat Elina Nikkola ja Sini Wallenius (MMM), Tarja Haaranen, Tapio Heikkilä, Johanna Helkimo, Laura Höijer, Arja Nykänen ja Sonja Pyykkönen (YM), Sanna Marttinen (luonnonvara- ja ympäristötutkimuksen yhteenliittymä LYNET; myöhemmin TULANET) sekä ryhmän sihteeri Mikko Kuussaari (SYKE). Ohjelman koordinaatio toteutettiin erillisenä ministeriöiden yhteisesti rahoittamana Suomen ympäristökeskuksen hankkeena, johon Kuussaaren lisäksi osallistui Janne Heliölä (ohjelman verkkosivujen päivitys). Ohjausryhmä ei osallistunut hankkeiden rahoituspäätösten tekoon, vaan MMM ja YM vastasivat itsenäisesti omien rahoituslähteidensä tutkimushankkeiden rahoituspäätöksistä.

Suurin osa (76 %) tutkimusohjelman rahoituksesta jaettiin neljän vuoden aikana 2016–2019 MMM:n Maatilatalouden kehittämisrahaston (Makera) vuosittaisten rahoitushakujen kautta (Taulukko 1.1). Tutkimusohjelman eri teemat olivat haettavina eri vuosina kukin vuorollaan. Makeran kautta rahoitettiin yhteensä 17 MATO-hanketta (rahoitus yhteensä 4 175 400 €). Rahoitettujen hankkeiden kesto vaihteli 2–4 vuoden välillä, mutta

useimmiten hankkeet olivat kolmevuotisia. Kullakin hankkeella oli oma 1–2 kertaa vuodessa kokoontuva ohjausryhmänsä ja sitä kautta tiivis keskusteluyhteys hankkeen rahoittajien ja tiedon käyttäjien kanssa. Ohjausryhmien puheenjohtajina toimivat MMM:n asiantuntijat ja niiden jäseninä oli tyypillisesti joukko kyseisen hankkeen teeman asiantuntijoita ja tiedon käyttäjiä MMM:stä, YM:stä, tutkimuslaitoksista, yliopistoista, maatalouden tuottaja- ja neuvontaorganisaatioista sekä ympäristöjärjestöistä.

**Taulukko 1.1.** Yhteenveto MATO-tutkimusohjelman seitsemän tutkimusteeman alla rahoitettujen hankkeiden määrästä ja niiden rahoituksesta.

Tutkimusteema	Teeman ajoiutus Makeran haussa	Rahoitettuja hankkeita (kpl)			Rahoitus yhteensä (€)
		MMM (Makera ja T & K)	YM ja VN TEAS	Yht.	
Politiikkavaikutukset ja niiden yhteensovitus	2018	4	0	4	777 500
Tilatason toimien ympäristötehokkuus	2017	5	1	6	1 289 000
Tiedosta toimintaan	2018	1	0	1	71 000
Maaperä	2016	2	0	2	610 000
Kiertotalous	2016	1	5	6	1 492 000
Uusiutuvat energialähteet	2018	1	0	1	305 000
Ekosysteemipalvelut	2019	4	1	5	936 177
<b>Yhteensä</b>		<b>18</b>	<b>7</b>	<b>25</b>	<b>5 480 677</b>

Ympäristöministeriö ei järjestänyt erillisiä MATO-rahoitushakuja, mutta Kiertotalous-teeman alle saatiin joukko YM:n rahoittamia hankkeita sisällyttämällä MATO-ohjelmaan ravinteiden kierrätysohjelman (Raki2) tutkimuksellisia osasia sisältäneitä hankkeita. Viiden Raki2-hankkeen lisäksi MATO-ohjelmaan sisällytettiin lisäksi yksi YM:n T & K rahoituksella rahoittama perinnebiotooppihanke ja yksi Valtioneuvoston kanslian rahoittama VN TEAS -hanke (Taulukko 1.1). Yhteensä YM:n rahoittaman kuuden MATO-hankkeen rahoitus oli 1 055 277 € ja se muodosti 19 % MATO-ohjelman kokonaisrahoituksesta.

Tutkimusohjelman kokonaisuutta ja hankkeiden roolia ohjelman tavoitteiden saavuttamisessa pyrittiin vahvistamaan kahdella tavalla, perustamalla ohjelman tavoitteita, sisältöä ja ajankohtaisia tapahtumia esittelevät verkkosivut sekä järjestämällä kaikille avoin,

vuosittainen seminaaripäivä rahoitettujen hankkeiden sisällön ja tulosten esittelemiseksi sekä rahoittajien ja tutkijoiden vuoropuhelun vahvistamiseksi. Näiden lisäksi ohjelman aikana toteutettiin yksi rahoitetuille hankkeille suunnattu kysely sekä kaksi työpajaa ohjelman tavoitteiden toteutumisen selvittämiseksi sekä nyt käsillä olevan synteesiraportin toteutuksen suunnittelemiseksi.

## 1.4 Rahoitetut hankkeet

MATO-tutkimusohjelmassa rahoitetut 25 hanketta otsikoineen ja lyhenteineen sekä hankkeiden sijoittuminen ohjelman seitsemän tutkimusteeman alle on listattu Taulukossa 1.2. Tätä raporttia kirjoitettaessa näistä 22 hanketta oli jo päättynyt ja kolme hanketta oli vielä käynnissä.

**Taulukko 1.2.** MATO-tutkimusohjelman seitsemän teeman alla rahoitetut 25 hanketta.

Tutkimusteeman ja hankkeen otsikko	Hankkeen vetäjä	Rahoitus (€)	Rahoittaja	Toteutusvuodet
<b>Politiikkavaikutukset ja niiden yhteensovitus</b>				
Ravinnetaseilla typpitalous kuntoon (Typpitaselaskuri)	Eila Turtola (Luke)	256 000	Makera	2018–2019
Fosforin kerrostumisen nopeus matalaan muokattujen peltojen pintamaahan ja sen vaikutukset fosforihuuhtoumaan (P-kerros)	Risto Uusitalo (Luke)	98 500	Makera	2018–2019
Luonnon monimuotoisuus- ja vesiensuojelutavoitteiden yhteensovittaminen tuki- ja ympäristöpolitiikassa (LumoVesi)	Terho Hyvönen (Luke)	246 000	Makera	2018–2020
Nautojen ruokinnan ja erityksen lähtötietojen ja arviointimenetelmien vaikutukset kansalliseen erityslaskentaan ja edelleen päästöarvoihin (Narutesti)	Marketta Rinne (Luke)	177 000	Makera	2018–2019

Tutkimusteeman ja hankkeen otsikko	Hankkeen vetäjä	Rahoitus (€)	Rahoittaja	Toteutusvuodet
<b>Tilatason toimien ympäristötehokkuus</b>				
Maatalouden vesiensuojelu-toimenpiteiden kohdentaminen vesiensuojelun kannalta riskiherkimmille peltolohkoille Saaristomeren ja Selkämeren valuma-alueilla (KOTOMA)	Mikko Jaakkola (Varsinais-Suomen ELY)	139 000	Raki2	2016–2017
Viljelykiertojen monipuolistamiseen kannustava vuorovaikutteinen suunnittelutyökalu (VILKAS)	Pirjo Peltonen-Sainio (Luke)	165 000	Makera	2017–2019
Terve satokasvi – parempi ravinteiden hyödyntäminen (Terve Kasvi)	Marja Jalli (Luke)	270 000	Makera	2017–2019
Tilatason toimien ympäristö- ja kustannustehokkuus nautakarjatililla (TehoToimi)	Perttu Virkajärvi (Luke)	245 000	Makera	2017–2020
Maatalouden ympäristö-toimenpiteiden ympäristö- ja kustannustehokkuus (MYTTEHO)	Terho Hyvönen (Luke)	350 000	Makera	2017–2020
Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä (PERA)	Helena Äijö (Salaoja-yhdistys)	120 000	Makera	2017–2019
<b>Tiedosta toimintaan</b>				
Yhdessä kokeillen – Maatalouden ympäristövaikutuksista viestiminen	Karoliina Kinunen Mohr (Kaskas Media Oy)	71 100	MMM	2018–2019
<b>Maaperä</b>				
Maanparannusaineiden hiilitase-vaikutuksen mallinnus (MAHTAVA)	Kristiina Regina (Luke)	160 000	Makera	2016–2018
Orgaaninen aines maaperän tuottokyvyn kulmakivenä (ORANKI)	Tapio Salo (Luke)	450 000	Makera	2016–2018
<b>Kiertotalous</b>				
Ravinteiden kierrätys alkutuotannossa ja sen vaikutukset vesien tilaan (KiertoVesi)	Markku Puustinen ja Sirkka Tattari (SYKE)	350 000	Makera	2016–2019

Tutkimusteeman ja hankkeen otsikko	Hankkeen vetäjä	Rahoitus (€)	Rahoittaja	Toteutusvuodet
Toimivat työkalut vesistövaikutusten ja ravinteiden kierrätyksen kustannus-tehokkaaseen hallintaan (TOIMI)	Olli Malve (SYKE)	250 000	VN TEAS	2016–2017
Nestemäisten kierrätysravinteiden käyttö maataloudessa (NESTERAVINNE)	Petri Kapuinen (Luke)	300 000	Raki2	2017–2019
Pyrolyysituotteet lietalan ravinnearvon turvaajina (PYSTI)	Riikka Keskinen (Luke)	210 000	Raki2	2018–2020
Hyvän sadon kierrätyslannoitus 2 (HYKERRY 2)	Priit Tammeorg (HY)	92 000	Raki2	2019–2020
Kuitulietettä peltoon ravinteiden välittäjäksi syksystä seuraavalle kasvukaudelle (PELTOKUITU)	Petri Kapuinen (Luke)	290 000	Raki2	2018–2020
<b>Uusiutuvat energialähteet</b>				
Energiantuotannon ja -käytön tulevaisuus maataloilla (eTU)	Jyrki Kataja (Jyväskylän AMK)	305 000	Makera	2018–2020
<b>Ekosysteemipalvelut</b>				
Maatalousympäristöjen ekosysteemipalvelut maatalouspolitiikassa (MAAESP)	Eija Pouta (Luke)	230 000	Makera	2015–2018
Perinnebiotooppien ekosysteemipalvelut ja keinoja päivitysinventointien kustannustehokkaaseen toteutukseen (PEBI)	Mikko Kuussaari (SYKE)	24 277	YM	2016
Nurmi hiilinieluna (JUURIHIILI)	Perttu Virkajärvi (Luke)	251 200	Makera	2019–2021
Suomen pölyttäjähönteiskantojen tila, seuranta ja hyönteispölytyksen taloudellinen merkitys maataloudelle (PÖLYHYÖTY)	Juha Pöyry (SYKE)	170 000	Makera	2019–2021
Valkoposkianhien aiheuttamien maatalousvahinkojen ennalta-ehkäisy (VAME)	Jukka Forsman (Luke)	260 700	Makera	2019–2021

Ohjelman ensimmäisessä rahoitushaussa vuonna 2016 haettiin hankkeita teemoista Maaperä ja Kiertotalous. **Maaperä-teeman** alla rahoitettiin kaksi hanketta, MAHTAVA ja ORANKI (Taulukko 1.2). Näistä MAHTAVA-hanke tuotti maatalouden ilmastovaikutusten arvioinnissa tarvittavaa tietoa keskittymällä peltomaan käytön kasvihuonekaasupäästöjen arviointiin erityisesti pelloilla käytettävien maanparannusaineiden osalta. ORANKI-hanke puolestaan kattoi varsin hyvin muita ohjelman maaperään liittyneitä tutkimustarpeita tutkimalla monipuolisesti maaperän orgaanisen aineksen merkitystä sadon tuotossa ja vesiensuojelussa. Syksyllä 2017 käynnissä olleille MATO-hankkeille tehdyssä kyselyssä ja sitä seuranneessa työpajassa kävi selväksi, että maaperäasiat ja peltomaan kasvukunto olivat vahvasti mukana useissa muissakin MATO-hankkeissa (esim. PERA, TerveKasvi, Typpitase-laskuri, HYKERRYSS2 ja JUURIHIILI).

**Kiertotalous-teeman** Makera-hausta rahoitettiin vuonna 2016 yksi laaja-alaisesti maatalouden ravinteiden kierrätystä, vesistövaikutuksia ja niihin liittyvien toimenpiteiden merkitystä tutkinut hanke, KiertoVesi. Samana vuonna sen jatkoksi saatiin VN TEAS -rahoiteinen maatalouden vesistövaikutusten mallinnukseen keskittynyt hanke (TOIMI). Myöhemmin vuosina näitä täydensivät Raki2-ohjelman kautta rahoitetut, erityisesti kierrätyslannoitteiden käyttöön keskittyneet neljä hanketta (NESTERAVINNE, PYSTI, HYKERRYSS2 ja PELTOKUITU).

Vuonna 2017 Makera-rahoituksen sai viisi **Tilatason toimien ympäristötehokkuuteen** keskittyntä hanketta (VILKAS, TerveKasvi, TehoToimi, MYTTEHO ja PERA). Näistä MYTTEHO ja TehoToimi arvioivat maatalouden erilaisten ympäristötoimenpiteiden kustannustehokkuutta laaja-alaisesti. MYTTEHO arvioi systemaattisesti kaikkien ympäristökorvausjärjestelmän toimenpiteiden merkitystä erikseen eri ympäristötavoitteiden saavuttamisessa, kun taas TehoToimi keskittyi nautakarjatiloihin ja fosforin kierrätykseen. TerveKasvi keskittyi tutkimaan peltokasvien terveyden ja kasvinsuojeluaineiden käytön suhdetta viljelykasvien ravinteiden käytön tehokkuuteen ja ravinteiden huuhtoutumiseen. PERA-hankkeessa tutkittiin pellon kuivatuksen toimivuuden vaikutuksia satoihin ja ravinnetaseisiin laajoihin tilastoaineistoihin pohjautuen.

VILKAS- ja KOTOMA-hankkeet keskittyivät ympäristötavoitteita edistävien käytännön työkalujen kehittämiseen. VILKAS selvitti erilaisia monipuolisen viljelykierron mukanaan tuomia viljely- ja ympäristöhyötyjä ja tuotti viljelykiertojen monipuolistamiseen kannustavan, verkossa toimivan vuorovaikutteisen suunnittelutyökalun viljelijöiden käyttöön. Raki2-ohjelmasta rahoitetussa KOTOMA-hankkeessa kehitettiin vesiensuojelutoimenpiteiden kohdentamiseen toimintamalli, jonka avulla kuormittavimmat, eroosioherkät viljelyalueet voidaan tunnistaa valuma-alue- ja peltolohkotasolla. Useista hankkeista huolimatta kaikkiin tämän teema-alueen tavoitteisiin ei saatu vastauksia. Esimerkiksi tilojen välisen yhteistyömuotojen tuomaa lisäarvoa ja perinnebiotooppien kustannustehokkuutta ei tutkittu ohjelmassa rahoitetuissa hankkeissa.

**Politiikkavaikutukset ja niiden yhteensovitus** oli laajasti MATO-hankkeita yhdistävä tutkimusteema. Vuonna 2018 sen alla rahoitettiin neljä Makera-hanketta (Typpitaselaskuri, P-kerros, LumoVesi ja Narutesti), mutta näiden lisäksi useimmat muutkin MATO-hankkeet tuottivat tietoa tämän teeman tavoitteisiin. Typpitaselaskuri-hanke kehitti viljelijöiden käyttöön verkossa toimivan työkalun, joka auttaa viljelijää typpitaseiden tulkinnessa sekä tarvittaessa typpitaseiden pienentämisessä ja typpilannoituksen optimoinnissa. LumoVesi-hanke keskittyi ympäristötoimenpiteisiin, jotka vaikuttavat samanaikaisesti sekä vesiensuojeluun että luonnon monimuotoisuuteen. Hanke kehitti neuvontatyökalun tällaisten toimenpiteiden kohdentamiseksi sopiville peltolohkoille ottamalla huomioon tiloilla tarjolla olevien peltöjen ominaisuudet sekä viljelijän omat kiinnostuksen kohteet. P-kerros-hanke selvitti keventyneiden maanmuokkauksikäytäntöjen vaikutusta fosforin rikastumiseen maan pintakerrokseen ja liukaisen fosforin huuhtoutumiseen kevyesti muokatuilla ja muokkaamattomilla pelloilla. Narutesti-hankkeessa paneuduttiin eri nautaryhmien erityislaskennan lähtötietojen ja laskentamenettelyiden tarkistamiseen ja päivittämiseen, ja siten esimerkiksi valtakunnallisten kasvihuonekaasujen päästöarvioiden tarkentamiseen.

**Tiedosta toimintaan -teeman** alla toteutui vain yksi hanke (Yhdessä kokeillen), joka rahoitettiin MMM:n T & K -rahoituksella erillisen tähän teemaan keväällä 2018 suunnatun haun tuloksena. Yhdessä kokeillen -hankkeen kyselytutkimuksessa selvitettiin, miten maanviljelijät saavat tietoa ympäristöstä ja millaista ympäristötietoa he työssään tarvitsevat. Hanke tuotti tehokkaasti tietoa teema-alueen tutkimuskysymyksiin. Vuoden 2018 Makera-haussa toisena painopisteenä ollut **Uusiutuvat energialähteet** oli toinen teema-alue, jonka alla toteutui vain yksi hanke (eTU). eTU-hankkeen ydinajatuksena oli tuottaa tietoa uusiutuvan energian tuotantoa ja käyttöä ohjaavien järjestelmien kehittämiseen maataloille ja puutarhoille, jotta uusiutuviin energialähteisiin perustuva energiaomavaraisuus voisi asteittainen edistyä maaseutualueilla.

**Ekosysteempipalvelut-teema** oli yhtenä Makera-haun painopisteenä MATO-ohjelman viimeisessä rahoitushaussa vuonna 2019. Haun tuloksen rahoitettiin kolme kolmevuotista hanketta (JUURIHIILI, PÖLYHYÖTY ja VAME). Näiden lisäksi jo MATO-ohjelman alkaessa vuonna 2016 ohjelmaan sisällytettiin kaksi ekosysteempipalveluhanketta (MAAESP ja PEBI), jotka olivat saaneet rahoituksen vuoden 2016 MATO-haun ulkopuolelta. Viidestä hankkeesta MAAESP tutki maatalouden ekosysteempipalveluita laaja-alaisesti kansalais- ja viljelijäkyselyihin pohjautuen, ja tuotti hyvän kokonaiskuvan erilaisten maatalouden ekosysteempipalveluiden kysynnän ja tarjonnan kohtaamisesta. Muut teeman hankkeet keskittyivät perusteellisemmin yhteen ekosysteempipalveluun. PÖLYHYÖTY pilotoi kimalaisten seurantaa ja kokosi aiemmin hajallaan ollut tietoa pölyttäjästä ja pölytyksestä luoden pohjaa kansallisen pölyttäjästrategian laatimiselle. JUURIHIILI keräsi yksityiskohtaista uutta mittaustietoa nurmipeltöjen hiilensidonnasta. PEBI-hanke arvioi perinnebiotooppien tarjoamia ekosysteempipalveluja sekä testasi menetelmiä perinnebiotooppien päivitysinventointiaineistojen analysointiin. VAME erosi muista hankkeista siten, että se keskittyi

luontohyötyjen sijasta valkoposkikhanhien maanviljelylle aiheuttamiin haittoihin ja niiden ehkäisykeinoihin.

Rahoitettujen 25 hankkeen tuloksia suhteessa ohjelman tavoitteisiin sekä hankkeiden muodostamaa tutkimusohjelman kokonaisuutta arvioidaan seuraavassa luvussa.

## 1.5 MATO-tutkimusohjelman tulokset ja vaikuttavuus

### 1.5.1 Ohjelman tulokset suhteessa tavoitteisiin

Kokonaisuutena 25 rahoitettua MATO-hanketta tuottivat tietoa valtaosaan tietotarpeista, joita tutkimusohjelmaa rahoittaneet ministeriöt listasivat tutkimusohjelmaa perustettaessa. Silti joitakin ohjelmassa tunnistettuja tietotarpeita jäi kokonaan täyttämättä, koska rahoitushauissa ei saatu sopivia ja riittävän laadukkaita hanke-esityksiä. Ohjelman eri tutkimusteemojen osalta tuotetun tiedon kattavuus suhteessa tietotarpeisiin vaihteli myös suuresti. Esimerkiksi viljelyn sadontuottokysymykset ja niiden suhde maaperään, viljelykasvien ravinteiden käyttöön sekä ravinteiden huuhtoutumiseen ovat maataloustuotannossa keskeisiä aiheita, joita on tutkittu varsin perusteellisesti jo pitkään. Silti MATO-ohjelmassa toteutettujen hankkeiden ansiosta tietämyksemme näistä tärkeistä kysymyksistä nousi selvästi entistäkin paremmalle ja kattavammalle tasolle. Myös ympäristökorvausjärjestelmän toimenpiteiden vaikuttavuudesta eri ympäristötavoitteisiin on varsin hyvä ja kattava tietämys, jota MATO-ohjelma edelleen paransi. MATO-ohjelman voimakas painotus tuotettavan tiedon käytännön sovellettavuudesta tuotti useissa hankkeissa uusia käytännöllisiä työkaluja ympäristötavoitteiden edistämiseen. Tässä suhteessa ohjelmaa voidaan pitää onnistuneena.

Hankkeiden määrän ja tietotarpeiden kattavuuden osalta heikommin toteutuneita tutkimusteemoja olivat Tiedosta toimintaan, Uusiutuvat energialähteet ja Ekosysteemipalvelut sekä erityisesti luonnon monimuotoisuuden rooli maataloudessa. Tiedosta toimintaan-teemassa haettiin luonnon- ja taloustieteellisen näkökulman rinnalle käyttäytymistieteellistä ja psykologista tutkimusta viljelijöiden tavoista omaksua ympäristön tilaa parantavia toimia osaksi maatalouden tuotantomenetelmiä ja viljelytapoja. Teeman ainoa toteutunut hanke (Yhdessä kokeillen) oli tässä suhteessa onnistunut pioneerityö, mutta aihepiirin tutkimusta tarvittaisiin jatkossa lisää. Myös Uusiutuvat energialähteet -teema oli yhden toteutuneen hankkeen (eTU) myötä maatalouden ympäristötutkimuksessa uudehko avaus, joka tulevaisuudessa vaatisi lisätutkimusta.

Maatalouden ekosysteemipalvelut ovat aihepiireiltään laaja teema, jonka sisällä toteutui viisi hanketta (Taulukko 1.2). Useasta toisistaan erilaisilla näkökulmilla hyvin täydentäneistä hankkeista huolimatta tämän teeman tietotarpeiden kattavuus jäi melko vaatimattomaksi.



Tarvetta olisi monenlaisille jatkotutkimuksille, erityisesti maatalouden ekosysteemipalveluiden taloudellisen arvon, sen mittaamisen ja ekosysteemipalveluindikaattoreiden osalta. Luonnon monimuotoisuudella on suuri, mutta Suomessa melko vähän tutkittu merkitys maatalouden ekosysteemipalveluiden tuottajana. Maatalousluonnon monimuotoisuuden säilyttäminen ja lisääminen on myös yksi keskeisistä maatalouden ympäristötavoitteista. Silti luonnon monimuotoisuuteen liittyvä tutkimus jäi MATO-ohjelmassa vähäiseksi.

Yksi jo ennakoltakin laadullisesti odotettavissa ollut tulos 25 tutkimushankkeen toteutuksesta on se, että hankkeissa tunnistettiin suuri määrä uusia jatkotutkimustarpeita. Näitä on listattu kootusti kunkin eri teema-alueen synteesiluvun lopussa (ks. Luvut 3-7).

## 1.5.2 Yhteiskunnallinen ja tieteellinen vaikuttavuus

Varsinaisia MATO-hankkeiden tutkimustuloksia esitellään melko laajasti viidessä eri teema-alueisiin keskittyvässä synteesiluvussa (Luvut 3-7). Ennen sitä tarkastelemme, miten MATO-ohjelma onnistui tavoitteissaan tuottaa päätöksenteossa sovelluskelpoista tietoa ja lisätä vuoropuhelua hallinnon, tutkijoiden ja muiden maatalouden ympäristöasioiden parissa toimivien tahojen välillä. Tässä suhteessa ohjelman rahoituksellisesti melko kevyen koordinaation voimavarojen keskittäminen lähinnä vuosittaisen seminaarin järjestämiseen ja ajantasaisten, informatiivisten verkkosivujen tuottamiseen vaikuttavat jälkikäteen onnistuneilta valinnoilta.

MATO-seminaari oli tutkimusohjelman tärkein vuosittainen yhteinen tilaisuus, jossa luotiin ajantasainen katsaus ohjelman kokonaisuuteen ja jossa rahoitetut hankkeet esittelivät toimintaansa ja tuloksiaan. Vuosina 2017–2020 järjestetyt neljä vuosiseminaaria kokosivat laajasti yhteen maatalouden ympäristöasioiden parissa erilaisissa tehtävissä työskenteleviä asiantuntijoita, päättäjiä ja tutkijoita. Seminaarien esityksissä keskityttiin hankkeiden käytäntöön sovellettavissa oleviin tuloksiin ja tyypillisesti niistä syntyi vilkasta keskustelua. Seminaareista saatu palaute oli pääosin myönteistä ja palautteessa tuli vahvasti esiin suuri tarve tämäntyyppisille alan asiantuntijat hyvin yhteen kokoaville tilaisuuksille.

Tallennettujen seminaariesitysten sijoittaminen ohjelman verkkosivuille kaikkien saataville on helpottanut hankkeiden tulosten ajantasaista hyödyntämistä, koska useimmiten hankkeiden seminaarissa esittelemien tulosten varsinainen julkaiseminen tapahtuu melko suurella viiveellä. Vuosiseminaarien ohella ohjelman verkkosivut olivat tärkeä MATO-ohjelmaa koossa pitänyt voima. Ajantasaisiin verkkosivuihin panostettiin ohjelman alusta alkaen. Verkkosivuilla myös tiedotettiin ohjelman rahoitushauista, tilaisuuksista ja rahoituksista hankkeista.

Yhtenä verkkosivujen tavoitteena oli koota yhteen paikkaan helposti saataville kaikkien rahoitettujen hankkeiden tulokset ja tuotokset. Jokaiselle rahoitetulle MATO-hankkeelle perustettiin ohjelman verkkosivujen alle oma sivunsa, jossa kuvattiin hankkeen keskeinen sisältö aikatauluineen ja rahoituksineen sekä hankkeen toteuttajatahot. Ohjelman kuluessa näille hankesivuille on pyritty kokoamaan jokaisen hankkeen keskeiset tuotokset (kuten tiedotteet, loppuraportit, tieteelliset artikkelit, policy briefit ja muut julkaisut) helposti ladattavina pdf-tiedostoina siten, että ne ovat kaikkien asiasta kiinnostuneiden ulottuvilla. Tarkoitus on, että verkkosivuilta löytyvät MATO-hankkeiden tuotokset vielä tutkimusohjelman loppumisen jälkeenkin.

MATO-tutkimusohjelma erosi monista aiemmista ympäristöalan tutkimusohjelmista painottamalla aiempaa voimakkaammin rahoitettavien hankkeiden tulosten sovellettavuutta päätöksenteossa. Tämä painotus näkyi valtion tutkimuslaitosten suurena roolina MATO-hankkeiden toteuttajina. Yhteensä 25 hankkeesta 80 % oli Luken (16 hanketta) tai SYKEN (4 hanketta) koordinoimia. Vain 1 hanke (HYKERRY2) koordinoitiin yliopistosta käsin. On kuitenkin huomattava, että lähes kaikissa MATO-hankkeissa oli vetäjätahon lisäksi mukana myös muita hankepartnereita. Huolimatta soveltavan tutkimuksen tekemiseen keskittyneiden tutkimuslaitosten suuresta roolista ohjelman toteuttajina vuosiseminaarien palautteissa tuli esiin, että hankkeita esitellessään tutkijoilla oli taipumus keskittyä liian paljon tutkimusmenetelmien kuvaamiseen. Tiedon käyttäjät kaipaavat enemmän tulosten käyttökelpoisuuden yksityiskohtaista avaamista.

Tarkasteltaessa MATO-ohjelmaa kokonaisuutena jo rahoitushakujen painopisteiden muutoksilla sekä hankkeiden rahoituspäätöksillä varmistettiin varsin pitkälle, että rahoitetut hankkeet tuottivat päätöksenteossa tarvittavaa, käyttökelpoista tietoa. Tässä suhteessa ohjelma onnistui keskeisessä tavoitteessaan. Myös hankkeiden edistymistä valvoneet ohjausryhmät auttoivat tämän tavoitteen toteutumisessa. Kerättävän tiedon sovellettavuuteen ja laajemminkin yhteiskunnalliseen vaikuttavuuteen tähdänneen ohjelman tavoitteissa tieteellinen vaikuttavuus jätettiin tietoisesti toissijaisena taka-alalle. Tutkijoilla tieteellinen vaikuttavuus on kuitenkin tärkeä työn motivoija, ja useiden hankkeiden kohdalla tämä näkyi myös tieteellisinä artikkeleina hankkeen tuotosten joukossa (esim. MAAESP, VILKAS). Hankkeiden välillä tässä suhteessa oli kuitenkin suurta vaihtelua. Tyypillistä oli, että tieteelliset artikkelit valmistuivat vasta hankkeen päättymisen jälkeen. Tämän viiveen takia MATO-ohjelman loppupuoliskolla rahoitettujen hankkeiden osalta niiden tieteellistä vaikuttavuutta on vielä liian aikaista arvioida.

### 1.5.3 Vahvuudet ja heikkoudet

MATO-tutkimusohjelman vahvuuksia ja heikkouksia tarkasteltaessa päällimmäisenä vahvuutena nousee esiin myönteinen tapa, jolla ohjelma kokosi maatalouden ympäristöasioiden

piirissä työskenteleviä ihmisiä yhteisiin tilaisuuksiin ja lisäsi eri tahojen välistä vuoropuhelua. MATO-ohjelma osoitti, että vuosittaiselle alan ihmiset yhteen kokoavalle seminaarille on tarvetta, vaikka aiemmin vastaavaa seminaariperinnettä ei ollut. Hankkeita yhteen kokoavan ohjelman ja sen järjestämien seminaarien sekä muiden tilaisuuksien kautta hyödyllinen vuoropuhelu lisääntyi sekä hallinnon ja tutkijoiden että eri tutkimuslaitosten tutkijoiden ja tutkimusryhmien välillä. Nämä seikat puoltavat uuden maatalouden ympäristöasioihin keskittyvän tutkimusohjelman perustamista nyt päättymässä olevan MATO-ohjelman jatkoksi.

Päättymässä olevan MATO-ohjelman sekä vahvuutena että heikkoutena voidaan pitää ohjelman huomattavaa laaja-alaisuutta, sillä ohjelma sisälsi hyvin erityyppisiä hankkeita maatalouden ympäristöasioiden alalta laidasta laitaan. Kun otetaan huomioon ohjelman rahoitettujen hankkeiden suhteellisen pieni määrä (25 hanketta) ja osin sisällöltään varsin kaukana toisistaan olevat seitsemän tutkimusteema-aluetta, niin oli lähes väistämätöntä, että osa hankkeista jäi yksinäisiksi ilman selkeää yhteistä kosketuspintaa muiden hankkeiden kanssa. Kahden MATO-teeman alla rahoitettiin vain yksi hanke. Tällaisille hankkeille tutkimusohjelma ei juuri tuonut lisäarvoa. Sen sijaan muiden teema-alueiden hankkeille tutkimusohjelma oli todennäköisesti myönteinen, tavalla tai toisella lisäarvoa tuonut seikka. Ohjelman heikkouksina voidaan pitää myös sen kokonaisrahoituksen melko vaatimatonta kokoa (verrattuna esimerkiksi Suomen Akatemian tutkimusohjelmiin) sekä sitä, että kustakin tutkimusteemasta oli vain yksi rahoitushaku. Eri teemojen rahoitushakujen porrastaminen usealle vuodelle voidaan nähdä sekä heikkoutena että vahvuutena. Ohjelman vuosiseminaarien kannalta oli hyödyllistä, että eri vuosina ohjelmassa oli toteutuksensa eri vaiheissa olevia hankkeita.

## 2 Synteesi tutkimusohjelman tuloksista

### 2.1 Synteesin tavoitteet

Nyt käsillä olevan MATO-ohjelman loppuraportin suunnittelu aloitettiin ohjelman ohjausryhmässä vuoden 2018 lopulla. Tavoitteeksi asetettiin, että loppuraportti ei olisi vain pelkkä kokoelma 25 hankkeen tuottamia erillisiä yhteenvetoja omasta työstään, vaan kunnianhimoisempi synteesi MATO-ohjelman tuloksista. Synteesiä laatimaan pyrittiin saamaan edustajat kaikista rahoitetuista MATO-hankkeista.

### 2.2 Hankkeiden jako synteesiteemoihin

Osa MATO-ohjelman seitsemän teema-alueen otsikoista oli sellaisenaan sopivia oman synteesilukunsa aiheiksi, koska kyseisten teemojen sisällä oli rahoitettu useita rinnakkaisia, toisiaan täydentäviä tutkimushankkeita. Synteesin kannalta ongelmallisia olivat teema-alueet, joiden sisällä oli toteutunut vain yksi hanke. Ne oli tarpeen yhdistää sopivaan laajempaan kokonaisuuteen. Käytännössä muidenkin teemojen hankkeita ryhmiteltiin jossain määrin uusiksi, jotta hankkeet saatiin jaettua mielekkäästi viiden eri synteesiluvun otsikon alle. Taulukossa 2.1 on listattuna näiden lukujen otsikot sekä kullekin luvulle valittu pääkirjoittaja, jolle myös maksettiin kirjoitustyöstä pienehkö korvaus erilliseltä MATO-synteesiprojektilta. Pääkirjoittajien lisäksi lukujen kirjoittamiseen osallistui suuri joukko tutkijoita kaikista rahoitetuista MATO-hankkeista. Kirjoittajien määrät vaihtelivat eri lukujen välillä, koska myös halukkuus osallistua synteesin tuottamiseen vaihteli eri teemojen tutkijoiden välillä.

**Taulukko 2.1.** Synteesilukujen otsikot ja niiden tuottamisesta vastanneet pääkirjoittajat.

Synteesiluvun teema	Pääkirjoittaja(t)	Teeman hankkeet
Maatalouden ympäristötoimenpiteiden vaikutus ympäristön tilaan	Terho Hyvönen	MYTTEHO
Maaperä ja ravinnetaseet	Riitta Lemola	MAHTAVA, ORANKI, PERA, TerveKasvi, Typpitaselaskuri, P-kerros
Kiertotalous: hiilen ja ravinteiden kierto sekä energiatehokkuus osana kestävää maataloutta	Sirkka Tattari ja Jari Koskiaho	KiertoVesi, TOIMI, NESTERAVINNE, PYSTI, HYKERRY2, KUITULIETE, eTU
Maatalouden moninaiset ekosysteemipalvelut	Mikko Kuussaari	MAAESP, PEBI, PÖLYHYÖTY, JUURIHIILI, VAME
Työkaluja parempaan maatalousympäristön tilan hoitoon	Terho Hyvönen	KOTOMA, VILKAS, TehoToimi, Narutesti, LumoVesi, Yhdessä kokeillen

## 2.3 Suunnittelutyöpaja ja synteesilukujen kirjoittaminen

Suunnittelutyö eteni helmikuussa 2020 järjestetyssä työpajassa, johon saatiin hyvä osanotto sekä MATO-ohjausryhmästä että lähes kaikista rahoitetuista MATO-hankkeista. MATO-hankkeiden edustajat jaettiin synteesilukujen mukaisiin työryhmiin ja työpajapäivän aikana laadittiin ensimmäiset hahmotelmat synteesilukujen sisällöstä. Työpajan jälkeen hahmotelmia hiottiin ja yhtenäistettiin pääkirjoittajien johdolla. Keväällä 2020 lukujen tavoitteista, yhtenäisestä rakenteesta ja kirjoitusvastuista sovittiin tarkemmin sekä ohjausryhmän että kirjoittajien kanssa. Synteesilukujen käsikirjoitukset kävivät ohjausryhmän kommentoitavina vuoden 2020 lopulla ja ne viimeisteltiin kevätkaudella 2021.

## 3 Maatalouden ympäristötoimenpiteiden vaikutus ympäristön tilaan

*Terho Hyvönen, Mikko Kuussaari, Janne Heliölä & Riitta Lemola*

### 3.1 Johdanto

Maatalous on laaja-alainen maankäyttömuoto, joka vaikuttaa ympäristöön monin tavoin. Maataloudessa tehtävät muutokset ovatkin keskeisessä roolissa ratkaistaessa globaaleja ympäristöongelmia (IPBES 2019, SOER 2020). EU:n yhteisessä maatalouspolitiikassa ympäristökysymyksillä on yhä korostuneempi rooli (Euroopan komissio 2020).

Suomessa Maaseudun kehittämisohjelman ympäristökorvaus (aiemmin ympäristötuki) on ollut maatalouden ympäristöpolitiikan keskeinen työväline koko EU-jäsenyyden ajan eli vuodesta 1995. Ympäristökorvauksen toimenpiteiden avulla on pyritty vähentämään maataloudesta aiheutuvia ympäristöhaittoja. Erityisesti maataloudesta aiheutuvien ravinnevalumien vähentäminen on ollut keskeinen tavoite. Maatalousalueiden luonnon monimuotoisuuden turvaaminen on myös ollut tavoitteena ensimmäisestä ohjelmakaudesta saakka. Myöhemmin mukaan ovat tulleet maaperän kasvukunnon turvaaminen ja ilmasto-vaikutukset. Suomessa ympäristökorvauksen merkitystä korostaa se, että sen piirissä on ollut yli 90 % käytössä olevasta maatalousmaasta kaikilla ohjelmakausilla.

Maatalouden ympäristökorvauksen toimenpiteiden sisältö on muuttunut jonkin verran ohjelmakausien välillä, vaikkakin keskeisimmät toimenpiteet (esim. suojavyöhykkeet) ovat olleet mukana koko ajan. Seitsemän vuoden mittaisiin ohjelmakausiin on liittynyt seurantatutkimus, jonka avulla on seurattu toimenpiteiden vaikuttavuutta (esim. Aakkula & Leppänen 2014). Nämä tutkimukset ovat tuottaneet tietoa toimenpiteiden ympäristövaikutuksista, joiden pohjalta toimenpiteitä on voitu kehittää edelleen. MYTTEHO-hanke jatkaa seurantatutkimusten sarjaa arvioimalla viimeisimmän ohjelmakauden ympäristökorvausjärjestelmää.

### 3.2 Hankkeessa tarkastellut ongelmat

*Teeman hanke: Maatalouden ympäristötoimenpiteiden ympäristö- ja kustannustehokkuus (MYTTEHO), Terho Hyvönen, Luonnonvarakeskus, 2017–2020 (MMM, MAKERA)*

MYTTEHO-hankkeessa selvitettiin viimeisimmän (2014–2020) ohjelmakauden ympäristökorvauksen vaikuttavuutta perustuen tutkimuskirjallisuuteen ja asiantuntija-arvioihin. Vaikuttavuutta tarkasteltiin maaseudun kehittämisohjelman neljän ympäristötavoitteen – vesiensuojelu, maaperän kasvukunto, ilmastonsuojelu ja luonnon monimuotoisuus – suhteen. Tarkastelu oli kolmiosainen. Aluksi arvioitiin kunkin toimenpiteen vaikuttavuutta tiettyä pinta-alaa kohti (ominaisvaikuttavuus), jonka jälkeen huomioitiin toimenpiteen kokonaispinta-ala (kokonaisvaikuttavuus). Lopuksi arvioitiin, kuinka hyvin toimenpiteet olivat onnistuneet edistämään eri ympäristötavoitteita.

Vaikuttavuuden lisäksi tutkittiin toimenpiteiden houkuttavuutta eri tuotantosuuntia edustavilla tiloilla ja kustannusvaikuttavuutta. Toimenpiteen houkuttavuus viljelijälle laskettiin vähentämällä toimenpiteestä maksettavasta ympäristökorvauksesta toimenpiteen toteuttamisesta aiheutuvat nettokustannukset ja tulonmenetykset. Kustannusvaikuttavuustarkastelussa vaikuttavuutta tarkasteltiin nettokustannusten ja tulonmenetysten suhteen. Ympäristökorvauksen taloudellista merkitystä erilaisille tilatyypeille arvioitiin hyödyntämällä Taloustohtori-aineistoa.

Hanke tuotti loppuraportin (Hyvönen ym. 2020) lisäksi laajan kirjallisuuskatsauksen toimenpiteiden vaikuttavuudesta (Hyvönen ym. 2019) sekä selvitykset viherryttämistoimien ympäristövaikuttavuudesta (Heliölä 2020) ja vesistökuormitukseen vaikuttavista tekijöistä eri valuma-alueilla (Rankinen ym. 2020).

### 3.3 Ympäristökorvausjärjestelmä

Ohjelmakauden 2014–2020 mukaisia ympäristösitoumuksia tehtiin ensimmäisen kerran keväällä 2015. Ympäristökorvausjärjestelmässä luovuttiin aiemmin käytössä olleesta perustuen, lisätoimenpiteiden ja erityistukisopimusten mallista ja siirryttiin peltolohkokohoiseen järjestelmään. Ravinteiden tasapainoinen käyttö koskee ympäristösitoumuksen tehneen tilan kaikkia peltolohkoja. Tämän lisäksi ympäristökorvausjärjestelmässä on valittavana peltolohkokohaisesti toteutettavia ympäristötoimia. Lisäksi erillisiä ympäristösopimuksia voidaan tehdä tarkemmin yksilöidystä ja kohdennetuista ympäristönhoitotoimenpiteistä. Luomusitoumukset eivät ohjelmakaudella 2014–2020 kuulu ympäristökorvausjärjestelmään.

Ympäristökorvauksen myöntämisen edellytyksenä on täydentävien ehtojen noudattaminen. Täydentävät ehdot koostuvat hyvän maatalouden ja ympäristön vaatimuksista sekä lakisääteisistä hoitovaatimuksista (Ruokavirasto: <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/taydentavat-ehdot/>).

Lohkokohtaisina toteutetuissa talviaikainen kasvipeitteisyys-, suojavyöhyke- ja luonnonhoitopeltonurmi-toimenpiteissä otettiin ohjelmakaudella 2014–2020 käyttöön alueellinen kohdentaminen. Tämä toteutettiin siten, että vaikuttavuuden kannalta keskeisiksi arvioituilla alueilla toimenpiteiden toteuttamisesta maksettiin suurempi korvaus.

Ohjelmakaudella 2014–2020 EU:n kokonaan maksamasta maatalouden suorasta tuesta 30 % kohdennettiin viherryttämistoimiin, jotka sisältävät ehtoja ekologisesta alasta, viljelyn monipuolistamisesta ja pysyvien nurmien säilyttämisestä.

Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmalle 2014–2020 eli maaseutuohjelmalle on asetettu monia tavoitteita. Ympäristötavoitteita on neljä: ilmastonmuutoksen hillintä ja sopeutuminen ilmastonmuutokseen tehostuvat, luonnon monimuotoisuus lisääntyy, vesistöjen tila sekä maatalouskäytössä olevan maaperän tila paranevat. Ympäristökorvauksen toimenpiteillä on keskeinen rooli näiden tavoitteiden edistämisessä. Ympäristökorvauksen osuus rahoituskaudella 2014–2020 on noin 20 % (1 656 miljoonaa euroa) maaseutuohjelman julkisesta kokonaisrahoituksesta (8 209 miljoonaa euroa).

Ympäristökorvauksen rakenne ja perustason vaatimukset on esitetty kuviossa 3.1. Sitoutuminen maatalouden ympäristökorvausjärjestelmään on viljelijöille vapaaehtoista. Ympäristösitoumus koostuu tilakohtaisesta toimenpiteestä (ravinteiden tasapainoinen käyttö) ja valinnaisista lohkokohtaisista toimenpiteistä. Lisäksi valittavina on ympäristösopimuksia. Ympäristösopimusta hakiessa ei tarvitse sitoutua ympäristökorvausjärjestelmään. Lisäksi viljelijät voivat tehdä sopimuksia alkuperäiskasvilajikkeiden ylläpidosta. Muut geenipankkisäilytyksen toimet toteutetaan pääasiassa kansallisten geenivaraohjelmien koordinaattoreiden kautta.

Ympäristösitoumuksen kuuluvat myös perustaso ja vähimmäisvaatimukset. Ympäristösitoumuksen perustaso on määritelty erikseen jokaiselle toimenpiteelle. Perustason vaatimukset ovat pääosin täydentävien ehtojen vaatimuksia. Ympäristökorvauksen vähimmäisvaatimukset koostuvat lannoitteiden käyttöön sekä kasvinsuojeluaineiden käyttöön, käsittelyyn ja varastointiin liittyvistä vaatimuksista. Perustason ja vähimmäisvaatimusten noudattaminen on ympäristökorvauksen maksamisen ehtona, mutta niiden noudattamisesta ei suoraan makseta ympäristökorvausta.



**Kuvio 3.1.** Ympäristökorvaus ja perustason vaatimukset.

Ympäristösitoumuksen valinnaiset lohkokohtaiset toimenpiteet			Geenipankkisäilytys
- Lietelannan sijoittaminen peltoon	- Valumavesien hallinta - Ympäristöhoitonurmet - Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys	- Peltoluonnon monimuotoisuus - Puutarhakasvien vaihtoehtoinen kasvinsuojelu	- Alkuperäiskasvilajikkeiden ylläpito - Alkuperäiskasvien varmuuskokoelmat - Alkuperäisrotujen perimän säilytys
- Ravinteiden ja orgaanisten aineiden kierrättäminen	- Orgaanisen katteen käyttö puutarhakasveilla ja siemenperunalla		
Ravinteiden tasapainoinen käyttö (tilakohtainen toimenpide) - edellytys lohkokohtaisten toimenpiteiden valinnalle			Ympäristösopimukset
			- Kosteikkojen hoito - Maatalousluonnon monimuotoisuuden ja maiseman hoito - Kurki-, hanhi- ja joutsenpellot - Alkuperäisrotujen kasvattaminen
Perustaso: Ympäristökorvauksen vähimmäisvaatimukset lannoitteiden ja kasvinsuojeluaineiden käytöstä			
Perustaso: Täydentävät ehdot ja maatalousmaan säilyttäminen			

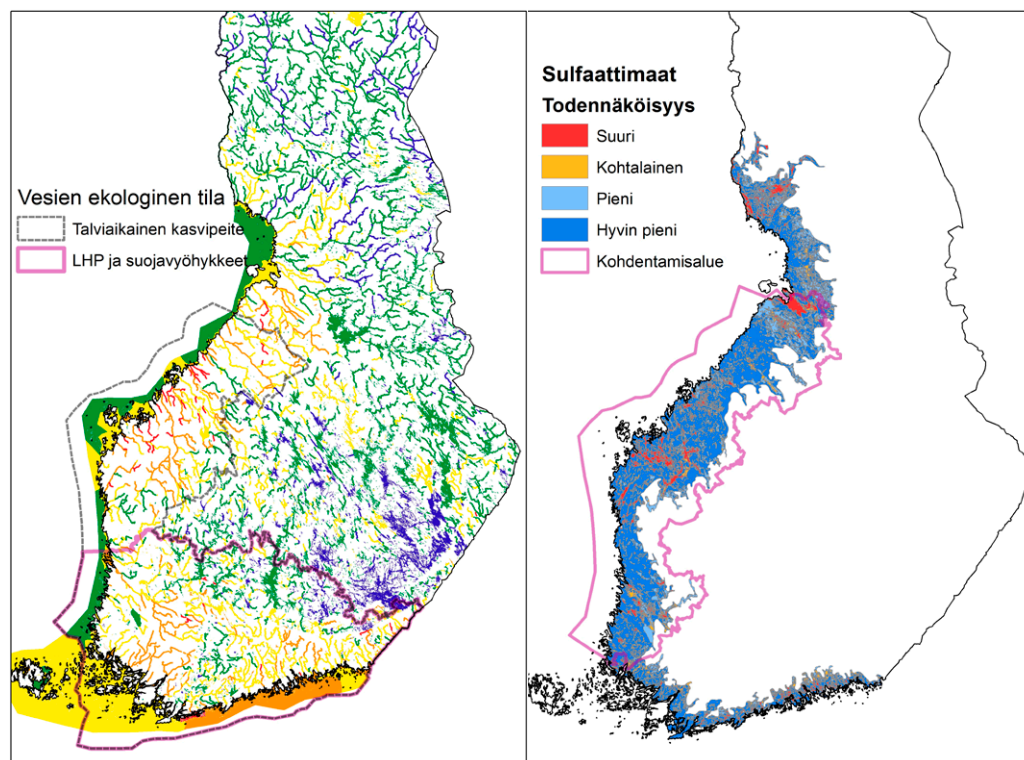
*Viherryttämistukeen kuuluvista vaatimuksista ei makseta ympäristökorvauksia*

Ympäristösitoumuksen valinnaisista lohkokohtaisista toimenpiteistä valumavesien hallintaa pitää sisällään säätösalaajituksen sekä säätökastelun tai kuivatusvesien kierrätyksen. Ympäristöhoitonurmiin kuuluvat suojavyöhykenurmet, monivuotiset ympäristönurmet ja luonnonhoitopeltonurmet. Suojavyöhykkeille ja luonnonhoitopeltonurmille on lisäksi määritetty kohdentamisalueet. Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys toteutetaan portaittain siten, että vähintään 20, 40 tai 60 % maatalan sitoumusalan kokonaispinta-alasta on kasvukauden ulkopuolella kasvipeitteisenä. Kohdentamisalueella on mahdollista valita myös 80 prosentin talviaikainen kasvipeitteisyys. Peltoluonnon monimuotoisuus sisältää viherlannoitusnurmet, kerääjäkasvit, monimuotoisuuspellot ja saneerauskasvit. Monimuotoisuuspellot voivat olla riistapeltoja tai niitty- tai maisemakasvien siemenseoksilla perustettuja monimuotoisuuspeltoja.

### 3.3.1 Kohdentamisalueet

Keskeinen muutos uudessa ympäristökorvauksessa on tiettyjen toimenpiteiden kohdentamisalueet, joilla pyritään tehostamaan niiden vaikuttavuutta (Kuvio 3.2). Kohdentamisalueet on määritetty neljälle toimenpiteelle. Luonnonhoitopeltojen kohdentamisalue rajautuu maamme eteläisimpiin osiin, ja talviaikaisen kasvipeitteisyyden Etelä-Suomeen ja Pohjanmaalle. Näillä alueilla luonnonhoitopelto- ja talviaikainen kasvipeitteisyys-toimenpiteiden tukitaso on muuta maata korkeampi. Lisäksi happamien sulfaattimaiden alue rajautuu länsirannikolle.

**Kuvio 3.2.** Talviaikaisen kasvipeitteisyyden, luonnonhoitopeltojen ja suojavyöhykkeiden kohdentamisalueiden rajausta suhteessa pintavesien ekologiseen tilaan (Data: SYKE) sekä happamien sulfaattimaiden kohdentamisalueen rajausta suhteessa niiden esiintymiseen (Data: GTK).



Maatalouden ympäristökorvauksen toimenpiteiden toteutuminen Manner-Suomessa on esitetty Taulukossa 3.1.

### 3.3.2 Ympäristökorvaukseen sitoutuminen

Ympäristökorvauksen toimenpiteitä toteutettiin 94 % alalla Suomen peltopinta-alasta. Vuonna 2018 ympäristökorvausjärjestelmän ulkopuolella oli suorien tukien perustukea hakeneista tiloista 6 714 kpl ja 132 019 ha. Se on 13,6 % perustukea saaneista tiloista ja 5,7 % pinta-alasta. Pohjanmaalla ja Etelä-Pohjanmaalla ympäristökorvauksen ulkopuolelle jääneiden tilojen osuus pinta-alasta on Suomen pienin. Suhteellisesti eniten ympäristökorvauksen ulkopuolelle pinta-alasta on jäänyt Lapissa, jossa viljeltyä peltoa on kuitenkin vähän. Varsinais-Suomessa korvauksen ulkopuolelle oli jäänyt 7,2 % pinta-alasta ja siellä tätä osuutta vastaava peltoala, 21 567 ha, oli suurempi kuin millään muulla alueella. Satakunnassa ulkopuolella olevaa peltoalaa oli myös paljon (9,6 %), lähes 14 000 hehtaaria.

**Taulukko 3.1.** Yhteenveto ympäristökorvausjärjestelmän toimenpiteistä ja toteutuneesta laajuudesta vuonna 2017.

Ympäristökorvauksen toimenpide	Tukiala, ha	Korvaus, €/ha	Maksatus, yhteensä		Tavoite- ala, ha	Toteu- ma, %
			€	%		
Lohkokohtaiset toimenpiteet						
Ravinteiden tasapainoinen käyttö						
• Peltoviljelykasvit	1 783 497	54	95 990 348	34,1	1 790 000*	99 %*
• Puutarhakasvit	41 099	200	8 022 847	2,8	-	-
Lietelannan sijoittaminen peltoon	188 468	40	7 548 324	2,7	150 000	139 %
Ravinteiden ja orgaanisten aineiden kierrättäminen	11 863	40	491 402	0,2	50 000	31 %
Säätösalaajitus	41 857	70	3 280 025	1,2	40 000*	132 %*
Säätökastelu	10 753	250	3 242 878	1,2	-	-
Kuivatusvesien kierrätys	338	250	94 967	0,0	-	-
Ympäristöhoitonurmet						
• Suojavyöhykenurmet, kohdentamisalue	24 015	500	12 044 574	4,3	23 000*	243 %*
• Suojavyöhykenurmet, muu alue	31 665	450	14 293 207	5,1	-	-
• Luonnonhoitopeltonurmet, kohdentamisalue	48 629	120	5 925 710	2,1	85 000*	89 %*
• Luonnonhoitopeltonurmet, muu alue	19 645	100	1 989 685	0,7	-	-
• Monivuotiset ympäristönurmet	2 703	50	137 439	0,0	32 000	9 %
Peltoluonnon monimuotoisuus						
• Viherlannoitusnurmet	19 380	54	1 066 407	0,4	49 000	45 %
• Kerääjäkasvit	109 797	100	11 311 111	4,0	7 500	1590 %
• Saneerauskasvit	10 239	300	2 888 568	1,0	500	1270 %
• Monimuotoisuuspellot (yht.)	23 941	300	7 077 252	2,5	19 000*	119%*
Orgaanisen katteen käyttö (yht.)	4 289	300 / 500	2 091 406	0,7	5 000*	81%*
Puutarhakasvien vaihtoehtoinen kasvinsuojelu	2 364	500 / 350	874 963	0,3	2 000	118 %

Ympäristökorvauksen toimenpide	Tukiala, ha	Korvaus, €/ha	Maksatus, yhteensä		Tavoite- ala, ha	Toteu- ma, %
			€	%		
<b>Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys (yht.)</b>	1 441 175	-	43 298 710	15,4	1 300 000	111 %
• Kohdentamisalue	1 119 123	-	39 992 121	14,2	880 000	127 %
• Muu alue	322 052	-	3 306 589	1,2	420 000	77 %
• Kasvipeitteisyys 20 %	186 780	4	761 816	0,3	-	-
• Kasvipeitteisyys 40 %	261 414	18 / 9	4 179 374	1,5	-	-
• Kasvipeitteisyys 60 %	546 172	36 / 11	14 455 707	5,1	-	-
• Kasvipeitteisyys 80 %	446 809	54	23 901 813	8,5	-	-
<b>Ympäristösopimukset</b>						
Monimuotoisuuden ja maiseman hoito	31 423	450 / 600	15 582 531	5,5	42 000	68 %
Kosteikon hoito	903	450	416 343	0,1	1 100	85 %
Kurki-, hanhi- ja joutsenpellot	854	600	545 902	0,2	800	108 %

\* Koko maalle tai eri alalatoimenpiteille yhteensä.

### 3.4 Tulokset

Ympäristökorvauksen toimenpiteiden vaikuttavuus koostuu ominaisvaikuttavuudesta sekä kokonaisvaikuttavuudesta. Ominaisvaikuttavuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä toimenpiteen tehokkuutta eri ympäristötavoitteiden edistämisessä yhden hehtaarin ko-  
koisella toteutusallalla. Kokonaisvaikuttavuus koostuu ominaisvaikuttavuudesta sekä koko  
toteutuspin-  
tasta Suomessa. Taulukossa 3.2 on esitelty ympäristökorvauksen toimenpi-  
teiden kokonaisvaikuttavuutta kuvaavat ominaisvaikuttavuudet ja toteutuspin-  
talat.

**Taulukko 3.2.** Ympäristökorvauksen toimenpiteiden ympäristötavoitteiden mukaiset ominaisvaikutavuuk-  
sien yleisarviot ja toimenpiteiden toteutumisalut. Toimenpiteiden luokittelu: vihreä = toimenpide edistää kaikkia  
tavoitteita hyvin, sininen = toimenpide edistää kaikkia tavoitteita ja joitakin toimenpiteitä hyvin, punainen = toi-  
menpide edistää omia tavoitteitaan hyvin sekä keltainen = toimenpide edistää tavoitteita kohtalaisesti tai heikosti

Toimenpide	Yleisarvio				Toteutunut pinta-ala (ha)
	Vesienpujelu	Maaperän kasvukunto	Ilmastonpujelu	Luonnon monimuotoisuus	
<b>TOIMENPIDE</b>					
Ravinteiden tasapainoinen käyttö					
- suojakaistat	+++	++++	+++	++	5 500
• Peltokasvit	++	0	++	0	1 777 738
• Puutarhakasvit	+	0	+	0	35 593
Lietelannan sijoittaminen peltoon	+	0	+	0	186 431
Ravinteiden ja orgaanisten aineiden kierrättäminen	++	+	+	0	13 364
Säätösalaajitus	+	+	+	0	41 373
Säätökastelu, kuivatusvesien kierrätys	+	+	+	0	10 085
<b>Ympäristöhoitonurmet</b>					
• Monivuotiset ympäristöhoitonurmet	+++	++++	++++	++	2 804
• Suojavyöhykenurmet	+++	++++	+++	+++	55 999
• Luonnonhoitopeltonurmet	+++	++++	+++	+++	75 695
<b>Peltoluonnon monimuotoisuus</b>					
• Viherlannoitusurmet	+	++	+	++	21 910
• Kerääjäkasvit	+	+	+	+	118 871
• Saneerauskasvit	+	+	+	+	6 221
• Monimuotoisuuspellot (yleensä)	+	+	+	+++	21 569
- riistapellot	+	+	+	++	
- maisemapellot	+	+	+	++	
- niittypellot	+	+	+	+++	

Toimenpide	Yleisarvio				Toteutunut pinta-ala (ha)
	Vesiensuojelu	Maaperän kasvukunto	Ilmastonsuojelu	Luonnon monimuotoisuus	
<b>Orgaanisen katteen käyttö</b> (1-vuotiset kasvit)	+	+	+	+	267
<b>Orgaanisen katteen käyttö</b> (monivuotiset kasvit)	+	++	+	+	3 805
<b>Puutarhakasvien vaihtoehtoinen kasvinsuojelu</b>	0	0	0	0	2 062
<b>Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys (yleensä)</b>	+	+	+	++	
• 20 % (voi koostua jopa kokonaan kevytluokattua)	0	+	0	+	207 288
• 40 % (ainakin puolet muuta kuin kevytluokattua)	+	+	+	++	298 031
• 60 % (ainakin puolet muuta kuin kevytluokattua)	+	++	+	++	551 412
• 80 % (ainakin puolet muuta kuin kevytluokattua)	+	+++	+	++	377 956
<b>YMPÄRISTÖSOPIMUS</b>					
Kosteikon hoito	+	+	+	+++	841
Monimuotoisuuden ja maiseman hoito (MoMa)	0	0	0	++++	29 103
Kurki-, hanhi- ja joutsenpellot	0	0	0	+	863

X = Ei soveltu arvioitavaksi.

Toimenpiteiden ominaisvaikutavuuden perusteella voidaan erottaa eri ryhmiä:

**Toimenpiteet, jotka edistävät kaikkia ympäristötavoitteita hyvin.** Tähän ryhmään kuuluivat seuraavat toimenpiteet: suojakaistat, monivuotiset ympäristöhoitourmet, suojavyöhykenurmet ja luonnonhoitopeltonurmet. Nämä toimenpiteet olivat monivuotisia nurmia. Haittapuoleksi muodostui liukoisen fosforin kertyminen maan pintakerrokseen, josta se pääsee kulkeutumaan vesistöihin.

**Toimenpiteet, jotka edistävät kaikkia tavoitteita ja joitakin toimenpiteitä hyvin.** Tähän ryhmään kuului monitavoitteisia toimenpiteitä: monimuotoisuuspellot ja niistä erityisesti niittypellot, peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys 80 % sekä kosteikon hoito-ympäristösopimus. Nämä olivat erityisesti lajiston monimuotoisuutta edistäviä toimenpiteitä. Niittypellot on suunniteltu erityisesti edistämään lajiston monimuotoisuutta ja siinä ne onnistuivatkin hyvin. Muita arvioitavia tavoitteita niittypellot edistivät vain hyvin pienellä positiivisella vaikutuksella. Myös kosteikon hoidolla oli monimuotoisuuteen kohtalaisen suuri positiivinen vaikutus, muiden tavoitteiden osalta vaikutuksen jäädessä vähäiseksi.

**Toimenpiteet, jotka edistävät omia tavoitteitaan hyvin.** Tähän ryhmään kuuluivat pelto-kasvien ravinteiden tasapainoinen käyttö, ravinteiden ja orgaanisten aineiden kierrättäminen ja monimuotoisuuden ja maiseman hoito. Näistä kaksi ensimmäistä vaikuttivat kohtalaisesti ravinnepäästöihin ja ilmastonsuojeluun, mutta eivät lainkaan lajiston monimuotoisuuteen. Monimuotoisuuden ja maiseman hoito puolestaan oli paras monimuotoisuustoimenpide vaikutusten jäädessä muiden tavoitteiden osalta nollaan.

**Toimenpiteet, jotka edistävät tavoitteita kohtalaisesti tai heikosti.** Suurin osa (17/27) toimenpiteistä kuului tähän ryhmään. On kuitenkin huomattava, että vaikka nämä toimenpiteet kokonaisuutena saattoivat olla vaikutukseltaan vähäisiä, niillä saattoi olla joku tietty tavoite, jonka ne toteuttivat hyvin. Esimerkiksi kerääjäkasvit toimivat hyvin typpipäästöjä vastaan, johon kyseinen toimenpide olikin suunniteltu. Lietelannan sijoittamisella peltoon torjuttiin erityisesti ammoniakkipäästöjä ilmaan. Saneerauskasvien ensisijainen tavoite oli torjua ankeroisia peruna- ja sokerijuurikaspelloilta, missä tarkoituksessa se toimi hyvin. Tuholaisten torjunta ei kuulunut arviointikriteereihimme. Emme myöskään arvioineet torjunta-aineiden käytön vähentämistä, mikä oli Puutarhakasvien vaihtoehtoinen kasvin-suojelu- toimenpiteen tavoite. Kurki-, hanhi- ja joutsenpellot-toimenpide puolestaan oli suunniteltu korvaamaan tiettyjen lintulajien muuttoaikaisesta levähdyksestä aiheutuvia haittoja. Pinta-alaltaan suurimmat tähän ryhmään kuuluneet toimenpiteet olivat talviaikaisen kasvipeitteisyyden luokat 20–40 % sekä lietalannan sijoittaminen peltoon.

## 3.5 Ympäristötavoitteiden kannalta keskeisimmät toimenpiteet

### 3.5.1 Vesiensuojelu

Ympäristökorvauksen toimenpiteiden vesiensuojelun yleisarviossa parhaiten ravinnepäästöjä omalta alueeltaan vähentävät toimenpiteet olivat kolme ympäristönurmiin kuuluvaa toimenpidettä: monivuotiset ympäristönurmet, suojavyöhykenurmet ja luonnonhoitopeltonurmet, jotka vähensivät typpihuuhtoumia ja eroosiota (Kuvio 3.3). Yleisarviossa näitä seurasivat peltokasvien ravinteiden tasapainoisen käyttö sekä ravinteiden ja orgaanisten

aineiden kierrättäminen. Sekä typen että liukoisen fosforin huuhtoumia vähensi parhaiten ravinteiden tasapainoinen käyttö.

Vesistöjen kannalta yleensä kriittisimmän kuormituskomponentin, liukoisen fosforin päästöjen torjunnassa tehokkaiksi arvioitiin fosforilannoitusta rajoittava pelto- ja puutarhakasvien ravinteiden tasapainoinen käyttö sekä ravinteiden ja orgaanisten aineiden kierrättäminen. Nämä toimenpiteet vähentävät fosforilannoitusta pelloilla, joilla helppoliukoisen fosforin pitoisuus on korkea, minkä seurauksena maan fosforipitoisuus pienenee vähitellen vaikuttaen samalla huuhtoutumisriskiin. Myös fosforin maan pintaan kertymistä sekä ravinteiden huuhtoutumista lietelannan levittämisen jälkeen vähentävä Lietelannan sijoittaminen peltoon -toimenpide arvioitiin tehokkaaksi liukoisen fosforin suhteen.

Fosforipäästöjen osalta toimenpiteiden vaikuttavuus vaihteli sen mukaan, oliko kyseessä liukoinen fosfori vai eroosion seurauksena irronneen maa-aineksen mukana liikkuva partikkelifosfori. Ympäristöhoitonurmet vähentävät toimenpiteistä tehokkaimmin eroosiota ja partikkelifosforin kulkeutumista, mutta liukoisen fosforin kuormitus usein kasvaa, ja pitkäaikaista kasvipeitteisyyttä lisäävien toimenpiteiden arvioitiinkin kasvattavan liukoisen fosforin päästöjä selvästi syyskynnettyä kevätiljapeltoa korkeammiksi. Tämä johtuu fosforin kerrostumisesta maan pintakerrokseen pitkäaikaisen muokkaamattomuuden ja kasvillisuuden vaikutuksesta.

Myös typen osalta tehokkaimpia päästöjen vähentäjiä olivat pitkäaikaiset nurmikasvustot (ympäristöhoitonurmet), joiden arvioitiin vähentävän typpikuormitusta neljännekseen verrattuna syyskynnettyyn kevätiljapeltoon. Muista toimenpiteistä parhaita typpihuuhtouman vähentäjiä olivat kerääjäkasvit sekä peltokasvien ravinteiden tasapainoinen käyttö. Ympäristökorvauksen ympäristöhoitonurmien tehokkuus typpipäästöjen rajoittajana perustuu kasvuston typen ottoon, vuotuisen lannoituksen pois jäämiseen ja maan muokkauksen vähenemiseen. Toimenpide on tehokas turvemailla ja happamilla sulfaattimailla, joiden maaperästä vapautuu runsaasti huuhtoutumisaltista typpeä. Kerääjäkasvit puolestaan käyttävät viljelykasvin jälkeen maahan jäänyttä ja kasvien jätteistä vapautuvaa typpeä sekä lisäävät kasvipeitteisyyttä sadonkorjuun jälkeen. Peltokasvien ravinteiden tasapainoinen käyttö puolestaan rajoittaa typpilannoituksen enimmäismääriä.

### 3.5.2 Maaperän kasvukunto

Maaperän kasvukuntoa parhaiten edistäviksi toimenpiteiksi syyskynnettyyn kevätiljapeltoon verrattuna arvioitiin ympäristöhoitonurmiin kuuluvat monivuotiset ympäristönurmet, suojavyöhykenurmet ja luonnonhoitopeltonurmet (Kuvio 3.3). Näitä seurasivat viherlannoitusnurmet, orgaanisen katteen käyttö monivuotisilla kasveilla sekä kaksi korkeinta luokkaa talviaikaisessa kasvipeitteisyydessä. Suurin osa (14 kpl) toimenpiteistä kuului



luokkaan, jossa maaperään kasvukunnon arvioitiin paranevan hieman verrattuna syyskynnettyyn kevätiljaan ja kuusi toimenpiteistä oli kevätiljan tasolla.

Eroosiota vähentävät eniten toimenpiteet, joissa kylvetään maata tehokkaasti sitova monivuotinen nurmikasvillisuus. Samojen toimenpiteiden arvioitiin parantavan maan rakennetta syvemmällä maaperässä sekä lisäävän myös parhaiten maaperän orgaanisen aineksen määrää juuristomassan kautta. Maaperän kasvukuntoa edistävien toimenpiteiden vaikuttavuus koostui siten arviossamme paitsi välittömästi havaittavasta eroosion vähentymisestä myös pitkäaikaisemmista myönteisistä muutoksista maan rakenteesta ja orgaanisen aineksen määrässä. Nämä muutokset voivat hyödyttää tuotannossa olevia pelloja, jos esimerkiksi nurmet ovat osana viljelykiertoa.

Maan kasvukunnon kehitystä oli vaikea arvioida, sillä maan rakenteesta ei juuri ole luotettavaa seurantatietoa. Ympäristökorvaukseen kuuluvaan viljavuusanalyysiin sisältyy maan multavuuden määrittäminen, mutta aistinvaraisena se ei ole riittävän tarkka toimenpiteiden vaikutusten arviointiin. Sen sijaan muutaman sadan peltomaan ns. Valse-seurannan mukaan maan hiilipitoisuus vähenee Suomessa noin 0,4 % vuodessa.

### 3.5.3 Ilmastonsuojelu

Ilmastonsuojelun kannalta tehokkaimmaksi toimenpiteeksi arvioitiin monivuotiset ympäristönurmet, joka ainoana toimenpiteenä ylsi korkeimpaan luokkaan (Kuvio 3.3). Muut ympäristönhoitonurmiin kuuluvat toimenpiteet (suojavyöhyke- sekä luonnonhoitopeltoturmet) sekä suojakaistat ylsivät toiseksi korkeimpaan luokkaan. Suurin osa (19 kpl) toimenpiteistä kuului luokkaan, jossa päästöt vähenivät 25 % verrattuna syyskynnettyyn kevätiljaan, ja neljä toimenpiteistä oli kevätiljan tasolla. Kokonaisuutena ilmastonsuojelun kannalta tehokkaimmat toimenpiteet olivat paljolti samoja kuin vesiensuojelussa.

Toimenpiteet vaikuttivat tehokkaammin typpioksiduuli- kuin hiilidioksidipäästöihin. Typpioksiduulin osalta suojakaistat sekä ympäristönhoitonurmet (monivuotiset ympäristönurmet, suojavyöhykenurmet sekä luonnonhoitopeltoturmet) ylsivät korkeimpaan vaikuttavuusluokkaan eli vähensivät päästöjä 75 % syyskynnettyyn kevätiljapeltoon verrattuna. Peltokasvien ravinteiden tasapainoinen käyttö arvioitiin toiseksi ylimpään luokkaan (66 % päästövähennys). Kaiken kaikkiaan typpioksiduulipäästöihin vaikuttivat samat toimenpiteet kuin typpikuormitukseen. Hiilidioksidin osalta parhaaksi toimenpiteeksi arvioitiin monivuotiset ympäristönurmet, joka arvioitiin toiseksi ylimpään (3) luokkaan. Kaikki muut toimenpiteet saivat luokituksen 1 tai 0. Vaikutusta metaanipäästöihin ei ole arvioitu, koska ympäristökorvauksen toimet kohdentuvat enimmäkseen maaperään, joka ei pelloilla ole metaanin lähde kuin erittäin märkien olosuhteiden aikana. Myöskään

ammoniakkipäästöt eivät ole mukana, koska tarkastelu rajattiin ilmastoa lämmittäviin kasvihuonekaasupäästöihin.

Ominaisvaikuttavuus ilmastonsuojelun kannalta määräytyy suuresti sen perusteella, mille maalajeille toimi kohdentuu. Jos toimen voi valita mille tahansa maalajille, on vaikea arvioida, mikä osa toimelle kohdistuneista peltohehtaareista on tuottanut tehokkaasti päästövähennyksiä. Tehokkaimpia ovat toimet, jotka kohdentuvat kokonaan turvepelloille, koska niiden hehtaariohittaiset päästöt ovat suuremmat kuin kivennäismaiden. Tässä arvioituista toimista tehokkaimmaksi valikoitui monivuotinen ympäristönurmi, koska yksivuotisesta viljelystä nurmelle siirtyvällä pellolla päästökertoimet ( $\text{CO}_2$  ja  $\text{N}_2\text{O}$ ) pienenevät yhteensä noin 10  $\text{CO}_2$ -ekvivalenttitonnin verran. Näin suureen hehtaariohittaiseen päästövähennykseen ei voi päästä millään kivennäismaalla toteutettavalla toimella. Vaikka kaikki monivuotisen ympäristönurmen ala ei tullut yksivuotisen kasvin viljelystä, jää keskimääräinen vaikutus todennäköisesti suurimmaksi. Vaikka luonnonhoitopellon hiilisyöte on suurempi kuin monivuotisen nurmen, jäi se ominaisvaikutukseltaan monivuotisia ympäristönurmia vähäisemmäksi, koska suurin osa siitä on kivennäismaalla, joissa monivuotisuuden hyödyt eivät ole määrällisesti yhtä suuria kuin turvemaalla.

Toimen tehoa parantaa lisäksi se, että sillä on vaikutusta sekä hiilivarastoihin että pellon typpitalouteen. Hyviä toimia hiilen kannalta ovat ne, jotka jättävät peltoon hiiltä enemmän kuin tavanomaiset kasvintähteet. Typen kannalta olennaista on lannoitustarpeen väheneminen ja vapaan typen pidättyminen kasvibiomassaan. Positiivisia vaikutuksia tällaisilla toimilla saattaa olla sekä pellostä että huuhtoutuvasta tyydestä laskettaviin dityppioksidipäästöihin.

### 3.5.4 Luonnon monimuotoisuus

Parhaaksi luonnon monimuotoisuutta edistäväksi toimenpiteeksi arvioitiin monimuotoisuuden ja maiseman hoidon (MoMa) ympäristösopimukset (Kuvio 3.3). MoMa-sopimukset olivat ainoa ympäristökorvausjärjestelmän toimenpide, jolla oli keskimäärin suuri positiivinen vaikutus luonnon monimuotoisuuteen, kun tarkastelussa oli kuusi elinympäristövaatimuksiltaan erilaista, maatalousalueilla yleistä eliöryhmää. Tulos oli odotettu, koska MoMa-sopimusten piiriin kuuluvat mm. perinnebiotoopit, jotka ovat lajistoltaan kaikkein runsaimpia maatalousympäristöjämme. MoMa-sopimusten (edellisellä ohjelmakaudella kahtena toimenpiteenä: perinnebiotooppien hoito sekä luonnon ja maiseman monimuotoisuuden edistäminen) suuri merkitys on tiedostettu Suomessa jo pitkään ja laajalti. MoMa-sopimusten hoidon piiriin kuuluu monenlaisia lajistoltaan runsaita ja erikoisia elinympäristöjä. Näiden alueiden karjan laidunnukseen, puuston raivaukseen ja kasvillisuuden niittoon perustuvista hoitotavoista on olemassa varsin hyvä ja lukuisiin tutkimuksiin

perustuva tietämys. Alueiden hoidon laadun parantamiseen on myös panostettu pitkäjänteisesti ympäristötuki- ja -korvausjärjestelmissä jo yli 20 vuoden ajan.

MoMa-sopimusten lisäksi viisi toimenpidettä sai yleisarvion kohtalainen positiivinen vaikutus luonnon monimuotoisuuteen (Kuvio 3.3). Näistä yksi, kosteikon hoito, koskee peltojen ulkopuolisia alueita. Toimenpiteellä on erityisen suuri myönteinen merkitys linnuille ja riistaeläimille, mutta myös monille kosteikkojen kasveille ja pienemmille eläimille, jotka ovat aikoinaan kärsineet kosteikkojen laajamittaisesta kuivattamisesta viljelymaaksi.

Neljä muuta kohtalaisen myönteisen arvion saanutta luontotoimenpidettä (suojavyöhykkeet, luonnonhoitopellot, monimuotoisuuspellot sekä näistä erityisesti niittypellot) koskevat peltoalueita (Kuvio 3.3). Kaikissa näissä viljeltyä peltoa jää vähintään vuodeksi tai pysyvämminkin aktiivisen viljelyn ulkopuolelle. Yleensä monimuotoisuuden kannalta toimenpiteen myönteinen merkitys kasvaa sitä mukaa mitä pidemmäksi aikaa pelto tai sen reuna-alue jää pois viljelystä ja mitä suuremmasta pinta-alasta on kyse. Toimenpiteen keskon ja pinta-alan lisäksi hyvin suuri merkitys on toimenpiteen kasvillisuuden perustamis- seoksella sekä vuosittaisella hoidolla.

Vaihtelu toimenpiteen kestoajassa ja hoitotavassa aiheuttaa suurta vaihtelua myös monimuotoisuudessa eri paikkojen välillä. Siksi esimerkiksi luonnonhoitopeltojen merkitys lajistolliselle monimuotoisuudelle vaihtelee suuresti eri toteutuspaikkojen välillä riippuen toimenpiteen kestosta ja niiton vuosittaisesta ajoituksesta. Pitkään, jopa yli 10 vuotta, samalla paikalla säilyneiden luonnonhoitopeltojen kasvillisuus ja muu eliölajisto on ehtinyt vuosien kuluessa kehittyä parhaimmillaan hyvin monimuotoiseksi. Lyhytaikaisilla, vain 1–2 vuotta samalla paikalla säilyvillä luonnonhoitopelloilla lajisto on huomattavasti yksipuolisempaa, mutta silti osa luonnonvaraisista lajeista hyötyy lyhytaikaisestakin kesannoinnista. Vuosittainen niitto on yleensä monimuotoisuuden kannalta myönteinen toimenpide, kunhan sitä ei tehdä keskellä kasvien ja eläinten tärkeintä lisääntymiskautta alku- tai keskikesällä, jolloin sillä voi olla tuhoisa vaikutus. Myös maalajilla voi olla merkitystä siten, että kasvidiversiteetti on yleensä korkeampi karkeilla kivennäismailla ja alhaisempi savi- ja eloperäisillä mailla.

Peltoluontotoimenpiteissä kasvillisuuden perustamisessa käytetyllä siemenseoksella on huomattava vaikutus monimuotoisuuteen. Niittypelloille syntyy nopeasti monimuotoinen ja esimerkiksi pölyttäjähönteisille jo ensimmäisenä kesänä elinympäristöä tarjoava kasvilisuus, kun ne perustetaan heinien ja kukkakasvien siemenseoksilla. Sen sijaan esimerkiksi suojavyöhykkeiden perustamiseen usein käytetty voimakkaasti kilpailevien nurmikasvien siemenseos tuottaa nopeasti tiheän ja yksipuolisen heinäkasvillisuuden, joka tarjoaa elinympäristöä vain melko harvoille eliölajeille. Peräti yhdeksällä peltotoimenpiteellä arvioitiin olevan pieni (++) positiivinen vaikutus peltoluonnon monimuotoisuuteen. Kaikissa

näissä toteutuu jokin monimuotoisuutta edistävä seikka samalla kun muut monimuotoisuutta edistävät aspektit eivät toteudu.

Yleensä ottaen monivuotinen nurmikasvillisuus tarjoaa luonnonvaraisille eliölajeille enemmän sopivaa elinympäristöä kuin keväällä kylvettävät viljat. Ympäristökorvausjärjestelmään kuuluu suuri määrä enemmän tai vähemmän toistaan eroavia nurmitoimenpiteitä, joiden monimuotoisuusvaikutusten vertailu on vaikeaa.

On syytä huomata, että useilla ympäristökorvausjärjestelmän toimenpiteillä tavoitellaan hyötyjä nimenomaan tietyille kohdelajistolle (esim. riistapellot, niittypellot, kosteikot, kurkipellot) eikä tasapuolisesti kaikille maatalousalueilla eläville luonnonvaraisille eliölajeille. Tällöin yleisarvion sijaan on mielekkäämpää tarkastella kohdelajiryhmän saamaa vaikutavuusarviota. Esimerkiksi riistapelloilla on suuri merkitys riistaeläimille ja maisema- sekä niittypelloilla pölyttäjille. Kosteikoilla puolestaan on suuri merkitys linnuille ja riistaeläimille. MoMa-sopimuksilla on erityisen suuri merkitys perinnebiotooppien taantuneen ja uhanalaisen lajiston säilymiselle Suomessa. Tässä suhteessa mikään muu toimenpide ei voi korvata sitä. Peltoluontotoimenpiteillä puolestaan on suuri merkitys yleiselle maatalousalueiden lajistolle sekä maatalouden tarvitsemien ekosysteemipalvelujen turvaamisessa.

Tutkimuksessa tarkastellut kuusi kohde-eliöryhmää oli valittu edustamaan kattavasti maatalousluonnon monimuotoisuuden erityyppisiä osasia. Eri eliöryhmät hyötyvät hieman erilaisista toimenpiteistä. Putkilokasvien monimuotoisuus kasvaa erityisesti alueilla, jotka säilyvät pitkään muokkaamattomina, mutta joita säilytetään avoimina joko niittämällä tai laiduntamalla. Pölyttäjät hyötyvät monimuotoisesta kasvillisuudesta, mutta myös pelloille kylvetyistä kukkakasveista. Petoselkärangattomat ovat elinympäristövaatimuksiltaan pölyttäjiä vaatimattomampia. Ne hyötyvät ylipäättään monivuotisesta nurmikasvillisuudesta ja siitä, että maata ei muokata. Maatalouslinnut hyötyvät monimuotoisesta maatalousmaisemasta, jossa on monenlaisia elinympäristöjä, kuten erilaisia nurmia, viljapeltoja, eri-ikäisiä kesantoja ja myös laiduntavia eläimiä. Maaperäeläinten monimuotoisuus kasvaa monivuotisen kasvillisuuden muokkaamattomina säilyvillä alueilla ja myös silloin, kun pelloille jätetään tai maaperään kynnetään orgaanista ainetta. Riistaeläimet hyötyvät pelloille kasvukauden ulkopuolella jäävästä ravinnosta, talviaikaisesta kasvillisuudesta, riistapelloista ja kosteikoista.

### 3.5.5 Ympäristökorvauksen taloudellinen merkitys erilaisille tilatyypeille

Ympäristökorvauksen taloudellinen merkitys on pienentynyt tilojen tulonmuodostuksessa. Korvauksen merkitys on kasvinviljelytiloilla keskimäärin suurempi kuin kotieläin-tiloilla, vaikka ympäristökorvauksen taloudellinen merkitys onkin suurin lammas- ja

vuohitiloilla. Niiden kokonaistuotosta 13 % tulee ympäristökorvauksesta. Sikatiloilla osuus on keskimäärin 2 % ja siipikarjatiloihin vain noin 1 %. Tämä on heijastunut ympäristökorvaukseen sitoutumiseen erityisesti siipikarjatiloihin, joista noin kolmannes on jättäytynyt ympäristökorvauksen ja siten tehokkaan ympäristöohjauksen ulkopuolelle.

## 3.6 Tulosten hyödyntäminen päätöksenteossa

### 3.6.1 Vesiensuojelulle ensisijaista lannoituksen optimointi, ravinteiden kierrätys ja nurmipeitteisyys

Maatalouden aiheuttama vesistökuormitus on hienoisessa laskussa lukuun ottamatta Saaristomeren ja Merenkurkun valuma-alueita. Ravinnekuormituksen määrä ja toisaalta havaittu kehitys osoittavat, että ravinteiden tasapainoinen käyttö -toimenpide on tarpeellinen vesiensuojelulle koko Suomessa. Toimenpiteeseen sisältyviä enimmäislannoitusmääriä on tarkistettu ohjelmakausien vaihtuessa noudattamaan yhä paremmin tutkimustietoa. Seuraavalla kaudella viljojen ja nurmien fosforilannoitusta lisäävät poikkeukset tulisi poistaa, jotta enimmäismäärät eivät ylitä kasvien ravinnetarvetta. Puutarhakasvien lannoitustarvetta koskeva uusi tutkimustieto tulee huomioida enimmäismäärissä. Ravinnetaseisiin perustuva sääntely olisi myös mahdollista, ja se huomioisi nykyistä paremmin pellolla saavutettavan satotason.

Kustannusvaikuttavimmat toimenpiteet liukoisen fosforin vähentämisessä olivat ravinteiden ja orgaanisten aineiden kierrättäminen sekä lietelannan sijoittaminen peltoon. Kolmantena tuli peltokasvien ravinteiden tasapainoinen käyttö. Ravinteiden ja orgaanisten aineiden kierrättäminen vähentää ravinteiden tarpeetonta käyttöä ja se arvioitiin tarpeelliseksi varsinkin Etelä-Suomessa ja Pohjanmaalla, kun taas lietelannan sijoittaminen peltoon -toimenpide ei lisää ravinteiden kierrätystä yhtä paljon. Huomattava onkin, että intensiivisillä kotieläintuotantoalueilla ympäristökorvauksen ulkopuolelle jääneet pellot voivat tuottaa paljon kuormitusta. Jatkossa lantaravinteiden parempi hyödyntäminen edellyttää johdonmukaisia toimia ja investointeja lannan prosessoinnin lisäämiseksi.

Ympäristöhoitonurmet ovat erinomaisia toimenpiteitä niiden kohdentamisalueilla etenkin kasvinviljely, ja sika- ja siipikarjatiloihin, ja toimenpiteiden toteuttamista tulisi jatkaa. Kohdentamisalueiden ulkopuolella ympäristöhoitonurmien tarve on vähäisempi. Suojavyöhykkeiden kohdentaminen vesistöjen varsille on tärkeää. Tasaisille pelloille sijoitetut suojavyöhykkeet ovat kalliita ja tehottomia. Suojavyöhykkeitä tulisi perustaa Etelä-Suomen kaltevimmille pelloille olemassa olevien suojavyöhykesuunnitelmien mukaisesti. Peltoala, joka jää säännöllisesti tulvan alle, tulisi joko jättää pois viljelystä tai perustaa suojavyöhykkeeksi. Kustannusvaikuttavuuden näkökulmasta kohdentamisalueiden

tehokkuutta ei pystytty arviomaan, koska mitattua tietoa toimenpiteiden vaikuttavuuksista kohdentamisalueilla ja muilla alueilla ei ollut saatavissa.

Aidolla kasvipeitteellä toteutetut peltojen talviaikaiset kasvipeitteisyystoimenpiteet ovat tehokkaita toimenpiteitä typpipäästöjen vähentämisessä ja eroosion torjunnassa, etenkin eroosioherkillä maalajeilla. Talviaikaisen kasvipeitteisyyden 80 prosentin vaatimustaso on tehokas nurmipeitteisyyden lisääntymisen vuoksi. Toimenpiteen teho paransi poistamalla vaihtoehtoja syyskultivointi. Pohjanmaalla voitaisiin hyväksyä vain monivuotiset kasvit, mutta toteutusala olisi perusteltua laajentaa Pohjanlahden pohjukan rannikkoalueelle. Keraajakasvit arvioitiin tarpeellisimmaksi Etelä-Suomen ja Pohjanmaan kasvinviljely-, sika- ja siipikarjatiloihin. Turvemaiden ja happamien sulfaattimaiden monivuotinen nurmipeitteisyys on eduksi vesiensuojelulle.

### 3.6.2 Maaperän kasvukunto on suuri haaste

Kaikki toimenpiteet, jotka lisäävät monivuotisten nurmien viljelyä, arvioitiin parhaiksi maaperän kasvukunnon kannalta. Myös viherlannoitusnurmien, monimuotoisuuspellot-, keraajakasvit- ja ravinteiden ja orgaanisten aineiden kierrätys- toimenpiteet voivat kohentaa maan kasvukuntoa. Kustannusvaikuttavuudeltaan tehokkaimpia toimenpiteitä maaperän kasvukunnon kannalta ovat monivuotiset ympäristönurmien, luonnonhoitopeltonurmien ja peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys (vähintään 80 %) kohdentamisalueella.

Maaperän kasvukuntoa parantavat toimenpiteet edistävät samalla vesiensuojelun tavoitteita ja ovat kriittisiä erityisesti Etelä-Suomen vesiensuojelun onnistumiselle. Lounais-Suomessa maan orgaaninen aine ja sen antama tuki maan rakenteelle ovat olennaisia tekijöitä Saaristomeren tilan kannalta. Vesiensuojelulle olisikin eduksi, että tuotannossa olevat pellot hyötyisivät mahdollisimman laajasti monivuotisten nurmien tuomista rakennehyödyistä.

Samalla kun Suomen peltomaiden orgaanisen aineksen pitoisuus on keskimäärin vähenevässä, orgaanisen hiilen varaston muutokset ja hiilen sidonta maaperään on yhä suuremman kiinnostuksen kohteena myös ilmastomuutoksen torjumiseksi. Koska nykyisen haitallisen trendin kääntäminen vaatii todennäköisesti suuria muutoksia viljelyyn, ympäristökorvaus voisi edistää esimerkiksi erilaisten nurmien liittämistä kaikkien peltojen viljelykiertoon. Myös maan hiilipitoisuuden seuranta nousee tärkeäksi, ja hiilen määrittäminen tulisi ottaa mukaan ympäristökorvauksen maanäytteiden analyysiin.

### 3.6.3 Turvepellot avainasemassa ilmastonsuojelussa

Monivuotiset ympäristönurmet arvioitiin vaikuttavimmiksi, koska ne kohdentuvat turvepelloille, joilla päästövähennys pinta-alaa kohden on suuri. Myös muut nurmipeitteisyyttä lisäävät ja typpilannoitusta vähentävät toimet, kuten luonnonhoitopellot, suojavyöhykkeet ja kerääjäkasvit, arvioitiin vaikuttaviksi. Ilmastonsuojelun kannalta kustannusvaikuttavimpia toimenpiteitä olivat monivuotiset ympäristönurmet, luonnonhoitopellot ja pelto-kasvien ravinteiden tasapainoinen käyttö.

Ilmastonsuojelun näkökulmasta toimenpiteiden tarkempi kohdentaminen olisi järkevää päästövähennysten kustannustehokkuuden parantamiseksi. Kohdentaminen alueen erityispiirteiden mukaan vähentäisi tehostomien toimien osuutta. Pohjoisemmassa Suomessa nurmipeitteisyys on suuren rehualan vuoksi kattavaa ilman sen tukemista ympäristökorvauksella. Siellä ei tarvittaisi nurmipeitteisyyttä tukevia toimia, kuten luonnonhoitopelloja tai monivuotisia ympäristönurmia. Tällöin peltoalaa olisi paremmin saatavissa laajentavien tilojen tarpeisiin ja pellonraivauksen tarve vähenisi. Nykyisellään monivuotisen ympäristönurmen tukia maksetaan todennäköisesti alalle, joka olisi joka tapauksessa monivuotisessa käytössä. Sen sijaan eteläisessä Suomessa turvepellot tulisi saada kokonaan monivuotiseen viljelyyn, ja siellä sekä monivuotiset ympäristönurmet että luonnonhoitopellot tukisivat tätä tavoitetta. Toisaalta yksivuotisten kasvien viljelyn lopettaminen turvepellolla koko maassa olisi selkeä ja yksinkertainen linjaus, joka vaikuttaisi oikeaan suuntaan. Tämä edellyttää, että turvepellot on määritelty tukiehdoissa yksiselitteisesti.

Ilmastonsuojelutoimenpiteen onnistuminen vaatii riittävän suuren ominaisvaikutuksen ja pinta-alan, sekä riittävät tilastotiedot menetelmän vaikutusten raportointiin. Suurin epäkohta ympäristökorvauksen toimien raportoinnissa on se, että Ruokaviraston tilastojen perusteella ei aina tiedetä, mikä osa toimista on toteutettu kivennäis- ja mikä turvemaalla. Toimien sijainnin tarkentaminen vaatisi joko paikkatiedon käyttöä arvioinneissa tai maala-jitiedon liittämisen Ruokaviraston omaan tiedonkeruuseen. Koska kasvihuonekaasuinventaariorissa käytetyt IPCC:n oletusmenetelmät ovat melko karkealla tasolla, kansallisia menetelmiä tarvitaan useimpien toimien vaikutusten raportointiin. Niitä kannattaakin kehittää vaikuttavimpien toimien raportointiin. Kansallisia menetelmiä tarvittaisiin esimerkiksi nurmen käsittelymenetelmien tai pohjaveden pinnan korkeuden huomioon ottamiseksi päästöarvioissa.

### 3.6.4 Luonnon monimuotoisuus hyötyi useista toimenpiteistä

Luonnon monimuotoisuustavoitteiden osalta ympäristökorvaus oli pääosin onnistunut. Erityisesti luonnon monimuotoisuuden ja maiseman hoidon ympäristösopimukset, monivaikutteisten kosteikkojen perustaminen ja hoito sekä luonnonhoitopellonurmet ja monimuotoisuuspellot edistivät hyvin erilaisten maatalousympäristön lajien

elinmahdollisuuksia. Nämä toimenpiteet edistivät perinnebiotooppien uhanalaista lajistoa, tavallisen maatalousympäristön sekä kosteikkojen lajistoa toisiaan täydentävällä tavalla.

Suurimpina puutteina ympäristökorvauksessa olivat riittämättömät pinta-alat useille toimenpiteille. Peltoluonnon monimuotoisuutta lisäävistä toimenpiteistä niittypeltojen pinta-ala jäi pieneksi, ja luonnonhoitopeltonurmien pinta-ala laski tukikauden aikana. Luonnonhoitopeltonurmia siirrettiin suojavyöhykkeiksi houkuttelevamman tukitason seurauksena. Lisäksi monimuotoisuuskaistoja perustettiin vähän. Hoidettujen perinnebiotooppien pinta-ala kasvoi ohjelmakauden aikana hitaasti, mutta ei yltänyt sille asetettuun tavoitteeseen. Ympäristösopimukset ovat kalliita toteuttaa, joten monimuotoisuutta hyödyttävät ympäristösopimukset eivät lähtökohtaisesti ole erityisen kustannustehokkaita. Niille ei kuitenkaan ole vaihtoehtoja ympäristökorvausjärjestelmässä, kun suojellaan uhanalaisia lajeja. Peltotoimenpiteissä ja tavanomaisten lajien suojelussa luonnonhoitopellot ovat kustannusvaikuttavampia kuin suojavyöhykenurmet, jotka ovat luonnonhoitopeltoja kalliimpia perustaa ja ylläpitää.

Jatkossa keskeisin kehittämistavoite luonnon monimuotoisuuden edistämiseksi on yllä mainittujen hyviksi todettujen toimenpiteiden pinta-alojen kasvattaminen. Perinnebiotooppien hoitoa edistetään parhaiten turvaamalla ympäristösopimuksille riittävä rahoitus sekä lisäämällä joustavuutta niiden toteutukseen. Perinnebiotooppien ja etenkin kosteikkojen alan kasvattamiseksi keskeistä on myös lisätä ei-tuotannollisen investointituen rahoitusta. Tavanomaisen peltoluonnon monimuotoisuuden edistämiseksi pitäisi kasvattaa tässä raportissa vaikuttavuudeltaan parhaiksi todettujen toimenpiteiden pinta-aloja. Tarvetta on lisätä etenkin niittypeltojen ja monimuotoisuuskaistojen määrää. Tämän ohella tulee pyrkiä lisäämään pitkäaikaisten luonnonhoitopeltonurmien määrää.

### 3.6.5 Ympäristökorvauksen taloudellinen merkitys tiloille pienentynyt

Tiloille houkuttelevimpia toimenpiteitä ovat monet sellaiset lohkokohtaiset toimenpiteet, joista maksettava hehtaariohtainen ympäristökorvaus on suuri: suojavyöhykkeet, sanerauskasvit ja monimuotoisuuspellot sekä kurki-, hanhi- ja joutsenpellot. Myös talviaikaisen kasvipeitteisyyden toimenpiteet olivat laskennallisesti houkuttelevia. Niiden hehtaari- korvaus on pieni, mutta toimenpidettä voidaan toteuttaa suurella pinta-alalla ja kasvukauden ulkopuolella, jolloin sadontuottoon käytettävä pinta-ala säilyy ennallaan. Tilakohtainen ravinteiden tasapainoisen käytön toimenpide on kasvinviljelytiloille houkuttelevampi kuin kotieläintiloille lannankäytön rajoituksista johtuen.

Ympäristökorvauksen korvausperusteina ovat ympäristökorvausjärjestelmään kuuluvien toimenpiteiden toteuttamisesta tiloille aiheutuneet nettokustannukset ja



tulonmenetykset. Nykyisellä ohjelmakaudella ympäristökorvauksen osuus maatilojen kokonaistuotosta on ollut keskimäärin noin 5 %. Ympäristökorvauksen taloudellinen merkitys on pienentynyt tilojen tulonmuodostuksessa ja vaihtelee tuotantosunnittain. Ympäristötoimia ohjaava vaikutus on helpompi saavuttaa niillä tiloilla, joilla ympäristökorvauksen merkitys tilan tulonmuodostuksessa on suurempi. Lammasta- ja vuohitiloilla ympäristökorvauksen taloudellinen merkitys on suurin. Niiden kokonaistuotosta 13 % tulee ympäristökorvauksesta. Viljatilojen kokonaistuotosta 10 % tulee ympäristökorvauksesta. Avomaan puutarhatiloilla ympäristökorvauksen osuus tilojen kokonaistuotosta on ollut vuosi vuodelta pienempi. Maitotiloilla ympäristökorvauksen merkitys liikevaihdosta on myös melko pieni, sillä ympäristökorvauksen osuus tilan kokonaistuotosta on keskimäärin alle 3 %. Sikatiloilla osuus on keskimäärin 2 % ja siipikarjatililla vain noin 1 %. Tämä on heijastunut ympäristökorvaukseen sitoutumiseen erityisesti siipikarjatililla, joista noin kolmannes on jättäytynyt ympäristökorvauksen ja siten tehokkaan ympäristöohjauksen ulkopuolelle.

### 3.6.6 Tehokkuutta arviointiin

Nykyisellä ohjelmakaudella ympäristötoimenpiteiden vaikuttavuuden arviointi jouduttiin tekemään pitkälti asiantuntija-arviona ilman empiiristä tutkimustietoa ohjelmakauden uusien tai sisällöltään muuttuneiden toimenpiteiden käytännön toteuttamisesta ja vaikutuksista. Jatkossa olisi tärkeää, että uusiin toimenpiteisiin saadaan kytkettyä riittävän perusteellisia tapaustutkimuksia, joissa edustavien otanta-aineistojen avulla tutkittaisiin toimenpiteen vaikutuksia ympäristötavoitteisiin. Ilman asianmukaisesti päivitettävää, luotettavaa maastotutkimustietoa arviointihankkeiden laatu tulee ajan myötä väistämättä heikkenemään.

Maasto-otantoihin perustuvien tarkkojen tutkimusten ja seurantojen ohella ympäristövaikutusten arviointia voidaan tukea keräämällä eri toimenpiteiden toteutuksesta nykyistä tarkempia tietoja. Esimerkiksi luonnon monimuotoisuuden näkökulmasta luonnonhoitopeltonurmet ja perinnebiotooppien hoitokohteet sisältävät monenlaisia tapauksia, joiden välillä on suurta vaihtelua vaikutuksissa. Luonnonhoitopeltonurmien monimuotoisuusvaikutukset ovat hyvin erilaisia riippuen toimenpiteen kestosta samalla paikalla, ja siksi tieto eri-ikäisten toimenpidealueiden määrästä auttaisi monimuotoisuusvaikutusten arvioinnissa. Perinnebiotooppiin puolestaan kuuluu monia erilaisia luontotyyppisiä, joiden lajitot voivat poiketa suuresti toisistaan. Siksi perinnebiotooppien hoitokohteista olisi hyödyllistä koota tarkempaa tietoa eri luontotyyppien pinta-aloista.

Vesistöjen ravinnekuormituksen osalta viljelijöiden tekemät peltolohkojen lohkokohtaiset muistiinpanot ovat keskeinen tietoa-aineisto, joka tulisi saada tulevien ympäristövaikutusarviointien käyttöön. Peltojen viljavuustilan, erityisesti helppoliukoisien fosforipitoisuuden määrittäminen tuottaa yhden tärkeimmistä maatalouden vesistökuormituspotentiaalin ja maan

kasvukunnon seurantaan palvelevista indikaattoreista. Maaperän kasvukuntoa ja hiilivaranon kehitystä kuvaava maan orgaanisen hiilen määrittäminen tulisi ottaa osaksi tätä seurantaan. Aineiston täysipainoinen hyödyntäminen edellyttää, että tulokset toimitetaan laboratorioista vuosittain hallinnon käyttöön ja ne voidaan koota systemaattisesti yhteen ajantasaista tilannekuvaa varten. Aineiston laadun varmistamiseksi näytteet tulisi ottaa ammattimaisten näytteenottajien toimesta. Muodostuva peltolohkokohtainen tietokanta antaa erinomaisen pohjan ympäristökorvauksen toimenpiteiden suunnittelulle sekä niiden alueelliselle ja peltolohkokohtaiselle kohdentamiselle.

### 3.7 Suositukset ja tarpeet jatkotutkimuksille

Tulosten perusteella esitetään seuraavat suositukset ympäristökorvauksen ja sen arvioinnin kehittämiseksi:

- Monia ympäristötavoitteita edistävät ympäristöhoitonurmet tulisi kohdentaa aiempaa enemmän eteläiseen Suomeen ja turvepelloille.
- Peltoluonnon monimuotoisuuden säilyttämistä tulisi tehostaa tukemalla niittypeltojen ja kukkakaistojen perustamista sekä pitkäaikaisten luonnonhoitopeltonurmien säilymistä.
- Perinnebiotooppien ennallistamiseen ja kosteikkojen perustamiseen tarvitaan lisää rahoitusta niiden määrän kasvattamiseksi.
- Suojavyöhykkeet tulee kohdentaa vesistöjen varsille ja kalteville pelloille Etelä-Suomen suojavyöhykesuunnitelmien mukaisesti.
- Toistuvasti tulvan alle jäävät pellot tulisi perustaa suojavyöhykkeiksi tai poistaa viljelystä kokonaan.
- Talviaikaisen kasvipeitteisyyden vaatimukset ovat tarpeellisimpia Etelä- ja Länsi-Suomessa. Talviaikaiseen kasvipeitteisyyteen tulisi hyväksyä vain monivuotiset kasvit ja sänki.
- Fosfori- ja typpilannoituksen enimmäismäärien säätely on tarpeen koko Suomessa.
- Lannankäsittelyteknologiaa olisi kehitettävä, jotta lantaa saataisiin siirrettyä kustannustehokkaasti kotieläintiloilta kasvinviljelytiloille.
- Ilmastonsuojelun tehostamiseksi tuotantokykynsä menettäneiden turvepeltojen pohjavettä pitäisi nostaa ja yksivuotisten kasvien viljely pitäisi lopettaa turvepelloilla. Turvepellot pitäisi määritellä yksiselitteisesti tukiehdoissa.

Ympäristökorvauksen vaikuttavuuden arviointia voitaisiin kehittää seuraavien toimenpiteiden avulla:

- Erityisesti uusien toimenpiteiden vaikuttavuudesta pitäisi olla empiiristä tutkimusaineistoa saatavilla.
- Olisi luotava systemaattinen tiedonkeruujärjestelmä, joka kokoaisi tutkimuksen käyttöön tietoja peltojen viljavuudesta ja orgaanisen aineksen pitoisuudesta.
- Arviointijärjestelmää olisi kehitettävä siten, että käytettävissä olisi tarkempaa tietoa eri toimenpiteiden toteutuksesta.

### 3.8 Kirjallisuus

- Aakkula, J. & Leppänen, J. (toim.) (2014) Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus (MYTVAS 3) – Loppuraportti. Maa- ja metsätalousministeriö 3/2014. 265 s.
- Euroopan komissio (2020) Pellolta pöytään -strategia oikeudenmukaista, terveyttä edistävää ja ympäristöä säästävää elintarvikejärjestelmää varten. COM(2020) 381 final. Tiedonanto 20.5.2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?qid=1590404602495&uri=CELEX%3A52020DC0381>
- Heliölä, J. (2020) Viherherryttämistoimien ympäristövaikuttavuus. Liite 2. 6 s.
- Hyvönen, T., Heliölä, J., Koikkalainen, K., Kuussaari, M., Lemola, R., Miettinen, A., Rankinen, K., Regina, K. & Turtola, E. (2020) Maatalouden ympäristötoimenpiteiden ympäristö- ja kustannustehokkuus (MYTTEHO) – Loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2020. 76 s.
- Hyvönen, T., Heliölä, J., Koikkalainen, K., Kuussaari, M., Lemola, R., Miettinen, A., Rankinen, K., Regina, K. & Turtola, E. (2019) Arviot ympäristökorvauksen toimenpiteiden ympäristövaikutuksista. MYTTEHO-hanke. Liite 1. 93 s.
- IPBES (2019) Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondizio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis & C. N. Zayas (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 s.
- Lemola, R., Uusitalo, R., Hyväluoma, J., Sarvi, M. & Turtola, E. (2018) Suomen peltojen maalajit, multavuus ja fosforipitoisuus. Vuodet 1996–2000 ja 2005–2009. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 17/2018. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 209 s. ISBN 978-952-326-558-5 (Verkkojulkaisu).
- Rankinen, K., Cano Bernal, J., Lemola, R. & Turtola, E. (2020) Vesistökuormitukseen vaikuttavat tekijät valuma-alueilla. Liite 3. 17 s.
- SOER (2020) The European environment – state and outlook 2020. Knowledge for transition to a sustainable Europe. European Environment Agency, 2019. 499 s.
- Ylivainio, K., Sarvi, M., Lemola, R., Uusitalo, R. & Turtola, E. (2015) Regional P stocks in soil and in animal manure as compared to P requirement of plants in Finland. Natural resources and bioeconomy studies 62/2015. Natural Resources Institute Finland, Helsinki. 32 p. ISBN 978-952-326-129-7 (Verkkojulkaisu).

## 4 Maaperä ja ravinnetaseet

*Riitta Lemola, Marja Jalli, Kristiina Regina, Tapio Salo, Eila Turtola,  
Risto Uusitalo & Helena Äijö*

### 4.1 Johdanto

Maan viljavuuteen vaikuttavat maan fysikaaliset, kemialliset ja biologiset tekijät. Viljavalta maalta vaaditaan, että sillä on hyvä rakenne, edulliset kosteus-, lämpö- ja ilmavuussuhteet, sopiva happamuusaste, riittävästi ja oikeissa suhteissa ravinteita sekä vilkas pieneliötoiminta. Maan viljavuus vaikuttaa sadon määrään ja laatuun, ja siten myös satotuotteita nauttivien ihmisten ja eläinten terveyteen (Kurki 1982). Eri maaperätekijät ovat toistensa kanssa kiinteässä vuorovaikutuksessa ja tuottava maa voidaan kuvata kemiallisista, fysikaalisista ja biologisista tekijöistä koostuvaksi reaktiojärjestelmäksi (Hartikainen 1992).

Orgaanisen aineksen määrä maassa on tärkeä maan kasvukuntoon ja sadon tuotantoon vaikuttava tekijä, jonka määrän tiedetään vähentyneen kivennäismaistamme 0,4 %:n vuosivauhdilla (Heikkinen ym. 2013). ORANKI-hankkeessa keskityttiin maan ominaisuuksien ja erityisesti orgaanisen aineksen määrän vaikutukseen sadon tuotannossa. Hankkeessa tutkittiin myös orgaanisen aineksen vaikutusta maan eroosioherkkyyteen ja typen mineraloitumiseen sekä maankäytön vaikutusta orgaanisen hiilen huuhtoutumiseen jokivesiin. Kirjallisuuden avulla selvitettiin viljelyn keinoja, joiden avulla viljelysmaan orgaanisen aineksen määrää voitaisiin ylläpitää tai häviämistä vähentää. MAHTAVA-hanke täydensi hiiliteemaa tuottamalla tutkimustietoa erilaisten maahan lisättävien maanparannusainesten ja aluskasvien kemiallisesta laadusta, hajoamisesta ja mahdollisuuksista parantaa viljelysmaiden kasvukuntoa lisäämällä maan hiilipitoisuutta. Hankkeessa verifioitiin Suomessa kasvihuonekaasuinventaariossa käytetyn Yasso07-mallin soveltuvuus maaperän hoidon hiilivarastovaikutusten sisällyttämiseksi kasvihuonekaasuinventaarioon.

Kasvukauden suotuisuuden ja maan viljavuuden lisäksi sadon muodostukseen vaikuttavat kasvukaudella tehtävät viljelytoimenpiteet kuten lannoitus, muokkaus ja kasvinsuojelu. Maan sadontuotantoedellytyksiä voidaan parantaa pitkäjänteisesti mm. huolehtimalla pelton vesitaloudesta riittävän salaojituksen avulla, sopivasta maan happamuudesta kalkituksen avulla, maan rakenteesta ja kasvitautipaineen hillitsemisestä viljelykiertojen avulla.

Peltomaiden perusparannusten kunnon on arveltu rapautuneen vuokraviljelyn lisääntymisen (Myyrä ym. 2005) vuoksi. Noin 800 000 hehtaaria viljellyistä pelloista on vuokrapeltoja. Lyhyet ja jatkoltaan epävarmat vuokrasopimukset eivät kannusta vuokraviljelijää investoimaan pitkäkestoisiin perusparannuksiin. Kattavaa tietoa viljelysmaiden perusparannusten

kunnosta tai viljelijöiden kokemista ongelmista viljelyn eri osa-alueilla ei kuitenkaan ole aikaisemmin ollut. Ympäristökorvaukseen sitoutuneille viljelijöille pakollinen Peltomaan laatutestin itsearviointi muodosti uuden ja laajan tulosaineiston, jonka avulla edellä mainituista tekijöistä saatiin tietoa. PERA-hanke käsitteli ensimmäisenä tutkimushankkeena laatutestaineistoa. Yhdistämällä sitä muihin aineistoihin, pystyttiin selvittämään perusparannusten, erityisesti peltojen kuivatustilan vaikutusta saavutettuihin satoihin.

Kasvinsuojelu käsittää kasvinsuojeluaineiden käytön lisäksi keinoja, joiden avulla kasvintuhoojien esiintymistä voidaan ennalta ehkäistä. Näihin keinoihin kuuluvat mm. muokkaus ja kasvinvuorotus sekä tasapainoisesta lannoituksesta ja pellon perusparannuksista huolehtiminen. Toimenpiteet, jotka parantavat viljelykasvin kilpailukykyä, parantavat myös satoa ja vähentävät tarvetta kasvinsuojeluaineiden käytölle. TerveKasvi-hankkeessa tutkittiin viljelykierron ja muokkauksen keventämisen vaikutusta vähentää kasvitautipainetta. Lisäksi selvitettiin ravinteiden, hivenravinteet mukaan lukien, vaikutusta viljelykasvien kestävyteen vaikeasti hallittavia kasvitauteja vastaan.

Typpi- ja fosforitaseet ovat Euroopan yhteisen maatalouspolitiikan (CAP) vaikuttavuusindikaattoreita. Taseet kuvaavat ravinnekuormituspotentiaalia ja ravinteiden käytön hyötysuhdetta. Taseet lasketaan vähentämällä pellolle annetuista ravinteista pellolta sadon mukana poistuneiden ravinteiden määrä. Taselaskelmissa on hieman eroja sen mukaan, otetaanko laskelmissa huomioon lannoituksen (väkilannoite, lanta) lisäksi myös laskeuma, biologinen typensidonta ja siementen ravinteet. ORANKI-, PERA- ja TerveKasvi-hankkeissa tutkittiin maan ominaisuuksien, perusparannusten tilan ja kasvinsuojelun toimenpiteiden vaikutusta sadontuotantoon ja sen myötä ravinnetaseisiin ja typpi- ja fosforikuormitusriskiin. Typpilannoitus on tärkeä sadonmuodostukseen vaikuttava pääraavinne, mutta se on myös merkittävä typpitaseeseen vaikuttava tekijä (Turtola ym. 2017). Edellä mainituissa hankkeissa tutkittiin myös typpilannoituksen vaikutusta satoon. TerveKasvi-hankkeessa typpilannoituksen ja lämpötilan vaikutusta tutkittiin myös suhteessa nurmirehun kivennäisainekoostumukseen, jolla on vaikutusta nautojen poikimahalvausriskiin.

Typpitaseista on puuttunut selkeä tulkinta, vaikka typpitaseita on maataloilla laskettu jo kauan, eikä viljelijäkäyttöön ole ollut työkalua optimoida taloudellisesti typpilannoitusta. Typpitaselaskuri-hankkeessa tuotettiin viljelijöiden ja neuvojien käyttöön työkalu, jonka avulla saavutettuja taseita voidaan verrata vastaavissa olosuhteissa muiden viljelijöiden saavuttamiin typpitaseisiin. Työkalu antaa myös ehdotuksia toimenpiteistä, mikäli taseet ovat vertailuarvoihinsa nähden liian korkeita. Lisäksi työkalun avulla kevätiljojen typpilannoitus voidaan optimoida taloudellisesti.

Typpitase kuvaa melko suoraan ravinnekuormituspotentiaalia, mutta fosforitase vaikuttaa liukoisen fosforin kuormituspotentiaaliin maan fosforipitoisuuden kautta (Uusitalo ja Aura 2005, Withers ym. 2019). Lisäksi eroosio vaikuttaa fosforikuormitukseen maa-ainekseen

sitoutuneen fosforin kautta. Liukoinen fosfori ja maasta helposti vapautuva fosfori muodostavat vesistöjä kuormittavan rehevöittävän fosforin. Maatalouden ympäristöohjelmat ovat tähänneet eroosion torjuntaan maan talviaikaisen kasvipeitteisyyden avulla. Osa kasvipeitteisyydestä on pitkäaikaista, eikä maata muokata kyntämällä vuosiin. Kyntämättömyyden seurauksena maan pintakerrokseen alkaa rikastua fosforia. Fosforin kerrostumisen vaikutuksia vesistöjä rehevöittävän fosforin kuormitukseen, keinoja fosforikerrostumisen purkamiseksi ja haittavaikutusten vähentämiseksi mm. eroosion torjuntatoimenpiteiden kohdentamisen avulla tutkittiin P-kerros-hankkeessa.

Taloudellisia kannattavuustarkasteluja tehtiin kasvinsuojelutoimenpiteistä TerveKasvi-hankkeessa ja salaojituksesta PERA-hankkeessa. Maaperän hoitotoimenpiteistä sadon ja tuottavuuden parantamiseksi keskityttiin sadon ja kasvinjätteen määrään vaikuttavaan typpilannoitukseen ja tyypeä sekä orgaanista ainesta maahan tuottavaan karjanlannan käyttöön ORANKI-hankkeessa. Typpitaselaskuriin sisältyy osa, jossa typpilannoitus voidaan optimoida taloudellisesti.

## 4.2 Hankkeissa tarkastellut ongelmat

Tietolaatikossa 4.1 on listattu hankkeet, joiden tuloksia esitellään kootusti seuraavissa kappaleissa.

**Tietolaatikko 4.1.** Maaperään ja ravinnetaseisiin keskittyneet hankkeet.

#### Teeman hankkeet:

- **Maanparannusaineiden hiilitasevaikutuksen mallinnus (MAHTAVA)**, Kristiina Regina, Luonnonvarakeskus, 2016–2019 (MMM, MAKERA)
- **Orgaaninen aines maaperän tuottokyvyn kulmakivenä (ORANKI)**, Tapio Salo, Luonnonvarakeskus, 2016–2020 (MMM, MAKERA)
- **Terve satokasvi - parempi ravinteiden hyödyntäminen (Terve Kasvi)**, Marja Jalli, Luonnonvarakeskus, 2017–2019 (MMM, MAKERA)
- **Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä (PERA)**, Helena Äijö, Salaojayhdistys, 2017–2020 (MMM, MAKERA)
- **Ravinnetaseilla typpitalous kuntoon (Typpitaselaskuri)**, Eila Turtola, Luonnonvarakeskus, 2018–2020 (MMM, MAKERA)
- **Fosforin kerrostumisen nopeus matalaan muokatuilla mailla ja vaikutukset fosforihuuhtoumaan (P-kerros)**, Risto Uusitalo, Luonnonvarakeskus, 2018–2020 (MMM, MAKERA)

### 4.2.1 Perusparannusten kunto

Perusparannusten laiminlyönti heikentää peltoviljelyn tuotantopanoksille saatavaa sato-vastetta ja viljelijöiden taloutta. Peltoon käyttämättä jääneet ravinteet lisäävät ravinne-huuhtoumien ja vesistöjen rehevöitymisen riskiä. Hyvin toimiva kuivatus on ehdoton edellytys myös ilmastonmuutokseen sopeutumisessa sään ääri-ilmiöiden lisääntyessä. Ojituksen toimivuuden ja ravinnetaseen yhteyttä ei ole aikaisemmin tutkittu samaan ta-paan kuin lannoituksen ja ravinnetaseen yhteyttä. Koetilanteissa pellon vesitalouden ole-tetaan toimivan optimaalisesti, vaikka käytännön viljelyssä tämä ei yleensä toteudu. Vilje-lijöiden tekemän Peltomaan laatutestin tulosaieisto loi uuden ja kattavan tietoaieiston, jonka avulla peltolohkoilla esiintyvistä ongelmista voitiin saada uutta tietoa.

PERA-hankkeen tavoitteet:

- Tuottaa tietoa perusparannusten ja erityisesti kuivatuksen tilan vaikutuksista panostuottavuuden tasoon ja ravinnekuormituspotentiaalia kuvaaviin typpi- ja fosforitaseisiin.

- Selvittää, selittääkö perusparannusten ja erityisesti kuivatuksen tila lohko-kohtaisten satotason ja ravinnetaseiden jakaumien ääripäitä.
- Arvioida peltojen kuivatusinvestointien kannattavuutta viljelijän ja yhteiskunnan tasolla.

## 4.2.2 Maan orgaaninen aines

Orgaanisella aineksella on useita hyödyllisiä vaikutuksia maaperän laatuun ja pellon sadontuottoon. Toisaalta orgaanisen aineksen ja ravinteiden huuhtoutuminen sekä kasvi-huonekaasupäästöt ovat haitallisia ympäristön ja peltomaan kannalta. Tutkimuksen pää-tavoitteena oli tuottaa tietoa orgaanisen aineksen merkityksestä maan kasvukunnolle sekä ympäröivän vesistön laadulle.

ORANKI-hankkeen tavoitteet:

- Tutkia orgaanisen aineksen yhteyttä maan rakenteeseen, eroosioherkkyyteen ja sadon tuottokykyyn sekä lannoitustarpeeseen.
- Arvioida maan orgaanista ainesta säästäviä ja kasvattavia viljelymenetelmiä.
- Tarkastella maankäytön ja maaperän rehevyyden heijastumista vesistökuormitukseen.
- Listata suositellut maaperän hoitotoimenpiteet sadon ja tuottavuuden parantamiseksi ja niistä aiheutuvat kustannukset

## 4.2.3 Hiilen pysyvyys maassa

Ilmastotavoitteiden kiristyessä myös maankäyttösektorilla tulee sisällyttää maaperän hoidon hiilivarastovaikutuksia kasvihuonekaasuraportointiin. Suomen kasvihuonekaasu-inventaariossa maaperän hiilivarastomuutosten arviointiin käytetty menetelmä mahdollis-taa erilaisten orgaanisten materiaalien maassa tapahtuvan hajoamisen simuloinnin.

MAHTAVA-hankkeen tavoitteet:

- Verifioida Suomen kasvihuonekaasuinventaariorissa käytetyn maaperän hiilimallin (Yasso07) soveltuvuus myös muiden kuin tavanomaisten kasvin-tähteiden hajoamisen ennustamiseen ja siten edistää maanparannustoimien vaikutusten raportointia kansainvälisissä ilmastoraportoinneissa.
- Vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:
  - Kuinka pysyviä ovat tyypilliset maanparannusaineet maaperässä?



- Kuinka paljon hitaammin juuret hajoavat kuin maanpäälliset kasvintähteet?
- Miten lannan prosessointi vaikuttaa hiilen pysyvyyteen maassa?
- Voidaanko maanparannustoimet saada näkymään kasvihuonekaasuinventaariossa hiilivaraston muutoksena?

#### 4.2.4 Typpitaseiden tulkinta ja optimaalinen typpilannoitus

Typpilannoitus on usein merkittävimmin sadon määrään vaikuttava vuosittainen viljelytoimenpide, mutta lannoituksesta aiheutuu myös ympäristövaikutuksia vesiin ja ilmaan. Tästä syystä typpilannoituksen tulee olla mahdollisimman optimaalista suhteessa pellon olosuhteisiin, viljeltävien kasvien tarpeeseen ja saatavaan satotasoon. Typpilannoituksen ja sadonmuodostuksen välistä yhteyttä voidaan tarkastella laskemalla lannoituksen ja sadon typpisisällön erotus, typpitase. Typpitaseita on käytetty ympäristöriskin indikaattorina. Viljelijän kannalta typpitaseet ovat kiinnostavia, koska ne paljastavat annetun typpilannoituksen ja sillä saavutetun sadontuoton välisen tasapainon. Ongelmana on kuitenkin ollut, ettei typpitaseiden sisältämää informaatiota ole kyetty riittävästi hyödyntämään, koska ei ole ollut tarjolla menetelmiä, joilla tuo informaatio saataisiin esiin.

Typpitaselaskuri-hankkeen tavoitteet:

- Kehittää typpitaselaskuri viljelijä- ja neuvojakäyttöön typpitaseiden tulkinnan parantamiseksi ja typpilannoituksen tarkentamiseksi sekä sadontuotannon kannalta ongelmallisten peltolohkojen osoittamiseksi.
- Kehittää kevätiljoille typpilannoituksen optimointityökalu, joka laskee typpilannoituksen taloudellisen optimimäärän annettujen tietojen pohjalta.

#### 4.2.5 Kasvinterveys

Hankkeen tavoitteena oli selvittää, mitkä toimintatavat vahvistavat positiivisia kytkentöjä kasvinterveyden ja ravinteiden käytön tehokkuuden välillä viljoilla ja nurmikasveilla. Hankkeen tavoitteena oli myös tuottaa tilatasolle, mallinnukseen ja ravinnetaselaskelmiin soveltuvaa tietoa ja tunnuslukuja kasvinterveyden vaikutuksesta ravinteiden tehokkaaseen hyödyntämiseen, tuotannon kannattavuuden edistämiseen ja ravinnehävikkeistä johtuvien ympäristöriskien vähentämiseen.

TerveKasvi-hankkeen tutkimuskysymykset:

- Mikä on rikkakasvien, kasvitautien ja tuhohyönteisten vaikutus viljakasvien satoon?
- Miten rikkakasvit ja viljelykasvi kasvavat ja käyttävät ravinteita ja miten rikkakasvien torjunnalla voi säästää ravinteita viljelykasvin käyttöön?
- Miten lämpötila ja N-lannoitus vaikuttavat nurmikasvien ravinteiden ottoon?
- Mikä on ravinnetasapainon (mukaan lukien hivenravinteet) vaikutus viljelykasvien kestävyteen vaikeasti hallittavia taudinaiheuttajia vastaan?
- Voidaanko kasvin kasvua edistävää luontaista maaperämikrobistoa suosia viljelytoimenpiteiden valinnalla?
- Mikä on kasvinsuojelu- ja lannoitustoimien vaikutus vilja- ja nurmituotannon kannattavuuteen?

#### 4.2.6 Fosforin kerrostuminen maan muokkaussyvyyden muuttuessa

Muokkauskäytännöt ovat muuttuneet perinteisestä kynnöstä kevennettyyn muokkaukseen, jossa muokkaussyvyys voi olla ainoastaan puolet perinteisen kynnön muokkaussyvyydestä. Muokkaus voidaan myös jättää kokonaan pois suorakylvön avulla, joka on kiistatta tehokain eroosiota vähentävä viljelytoimenpide viljanviljelyssä. Fosfori kerrostuu maassa, jos sitä ei kynnön avulla sekoiteta. Maan pintakerroksesta tulee runsaimmin fosforia sisältävä kerros, mikä lisää liuenneen fosforin huuhtoumaa. Hankkeen tavoitteena oli tarkentaa tietoa maan fosforin kerrostumisesta muokkaussyvyyden muuttuessa, sekä kerrostumisen vaikutuksesta erityisesti liuenneen fosforin kulkeumaan pellolta valumavesien mukana.

P-kerros-hankkeen yksilöityinä tavoitteina oli:

- Rakentaa ennustemalli maan fosforin kerrostumisesta erilaisilla fosforitaseilla maan muokkaussyvyyden muuttuessa.
- Tarkentaa tilastollista mallia, jonka perusteella voidaan arvioida valumavesien fosforipitoisuuden muutoksia maan pintakerroksen P-luvun muuttuessa.
- Testata USA:ssa kehitettyä fosforin kerrostumisen huomioivaa APLE-mallia (Annual Phosphorus Loss Estimator) savimaiden fosforikuormituksen ennustamisessa.
- Julkaista Kotkanojan suorakylvökokeen tulokset ja sen tausta-aineistot
- Tarkastella, onko voimakkaan kerrostumisen tapauksissa syytä tarkentaa maanäytteenotto-ohjeistusta tai maa-analyysien tulkintaa.

## 4.3 Tulokset

Hankkeet tuottivat runsaasti tutkimustuloksia, eikä kaikkia tuloksia voida esittää tässä katsauksessa. Yksityiskohtaisemmat tulokset löytyvät hankkeiden loppuraporteista. Joitakin hankkeiden osa-alueita, mm. kannattavuustarkastelut, on jätetty kokonaan tämän katsauksen ulkopuolelle. Kasvinsuojelun kannattavuustarkasteluista löytyy tietoa TerveKasvi-hankkeen (Jalli ym. 2019) ja salaojituksen kannattavuustarkasteluista PERA-hankkeen (Ovaska ym. 2021) loppuraportista. Sadon ja kasvinjätteen määrään vaikuttavan typpilannoituksen ja tyyppä sekä orgaanista ainesta maahan tuottavan karjanlannan käytön taloustarkastelusta löytyy tietoa ORANKI-hankkeen loppuraportista (Salo ym. 2019) sekä Sihvosen ym. (2021) tieteellisestä julkaisusta.

### 4.3.1 Perusparannusten kunto

**Viljelysmaiden nykytila.** Ympäristökorvaukseen sitoutuneet viljelijät tekivät Peltomaan laatutestin viljelemistään yli 0,5 ha:n peruslohkoista kevääseen 2018 mennessä. PERA-hanke oli ensimmäinen saatua tulosaineistoa käsitellyt tutkimushanke (Ovaska ym. 2021). Tulosten käsittely osoitti, että viljelijät olivat arvioineet lohkojensa tilaa huolellisesti. Peltomaan laatutesti muodostaa laadultaan hyvän ja kattavuudeltaan laajan, 530 000 peltolohkon, aineiston peltomaiden nykytilasta. Viljelijät arvioivat suurimmat ongelmat peltolohkoillansa liittyvän kalkitukseen, eloperäisen aineksen lisäykseen, ravinteiden puutokseen, pellon kuivumiseen, kasvuston kuntoon ja ojitukseen. Tulosten perusteella peltolohkojen ongelmista suuri osuus liittyi perusparannuksiin (kalkitus, ojitus) suoraan tai välillisesti. Peltosten kuivumisongelmat voivat aiheuttaa heikkoja tai ravinteiden puutoksista kärsiviä kasvustoja. Liian korkea tai matala pH voi aiheuttaa ravinteiden puutoksia. Vähiten ongelmia viljelijät näkivät peltolohkojensa kivennäislannoituksessa, muokkautuvuudessa, poutivuudessa, kasvitaudeissa ja maan biologisessa aktiivisuudessa.

Peltomaan laatutestin tulokset luokiteltiin viljelijän antaman pistemäärän perusteella luokkiin: ”erinomainen”, ”hyvä” ja ”huono”. Erinomaisen luokka oli Peltomaan laatutestissä nimellä ”erittäin hyvä” ja sen pistemäärä oli 4,1–5,0. Hyvään luokkaan kuului Peltomaan laatutestin tuloksin mukaan ”tydyttävän hyvä” luokkaan kuuluneet lohkot, joiden pistemäärä oli 3,0–4,0. Huonoon luokkaan kuuluivat pistemäärän 1,0–2,9 saaneet peltolohkot, jotka Peltomaan laatutestin tuloksin olivat luokissa ”välttävä” ja ”huolestuttava”. Suurin osa viljelijöiden antamista arvioista kuului hyvään luokkaan, jonka osuus vaihteli 63–78 :n välillä arvioitavasta osa-alueesta riippuen. Huonoiksi peltolohkoiksi arvioitiin 17 % kalkituksen, 13 % viljelykierron, 12 % eloperäisen aineksen lisäyksen sekä 9 % pellon kuivumisen että ojituksen osalta.

**Ojituksen kunnon vaikutus satoihin ja ravinnetaseisiin.** Peltomaan laatutestin tuloksia analysoitiin yhdistämällä ne muihin tietoaineistoihin, joita olivat: Lohkotietopankki (ProAgria), salaojituksen kartta-aineisto (Salaojayhdistys), peruslohkojen hallintamuoto (vuokra/viljelijän oma, Ruokavirasto), valumavesien hallinnan hoitosopimus/säätösalojitus (Ruokavirasto), säätiedot (Ilmatieteen laitos) ja peltojen kaltevuusaineisto.

Salaojitusuunnitelma oli olemassa useammin erinomaisen ojitusluokan peltolohkoilta kuin huonon ojitusluokan peltolohkoilta (Taulukko 4.1). Säätösalojitetuilla lohkoilla oli vähemmän huonoja arvioita ja erinomaisten arvioiden osuus oli suurempi kaikilla lohkoilla tai viljelyä kuvaavilla osa-alueilla. Huonon ojitusluokan pelloista jopa puolet oli vuokrapeltoja. Erittäin hyvässä luokassa vuokrapeltoja oli vain kolmasosa.

Peltomaan laatutestissä ojituksen osalta erinomaisiksi arvioidut lohkot tuottivat huonoja lohkoja parempia satoja. Keskimääräinen kaurasato vuosina 2002–2017 oli 12 %, kevätljykasvisato 13 %, kevätvehnäsato 7 %, ohrasato 16 %, syysruissato 20 % ja säilörehusato 9 % korkeampi ojitukseltaan erinomaisiksi arvioidulla lohkoilla huonoihin lohkoihin verrattuna.

Korkeampien satojen vaikutus ei suoraan näkynyt typpitaseissa, koska myös lannoituksessa tapahtui muutoksia. Kauralla ja kevätljykasveilla erinomaisen ja huonon ojitusluokan erot typpitaseissa olivat vähäisiä samanaikaisesti kasvaneen typpilannoituksen vuoksi. Kevätvehnällä, ohralla ja syysrukiilla typpitaseet laskivat, kun ojitusluokka parani, vaikka ohran ja syysrukiin typpilannoitus myös samanaikaisesti kasvoi. Syysvehnällä ja säilörehulla typpitase sitä vastoin nousi ojitusluokan parantuessa, mikä aiheutui typpisadon (sadon mukana poistunut typpi) kasvua suuremmasta typpilannoituksen noususta. Säilörehulla typpitase jäi kuitenkin edelleen alhaiseksi, mutta syysvehnän typpitase oli tarkastelluista tapauksista korkein (Taulukko 4.1).

**Taulukko 4.1.** Viljojen ja säilörehun typpilannoitus (kg/ha), fosforilannoitus (kg/ha), typpitase (kg/ha), fosforitase (kg/ha), pellon fosforiluku (mg/l) ja salaojitussuunnitelman tilanne (% salaojitussuunnitelma olemassa). Kaikki havainnot ovat vuosilta 2002–2017. Tulokset on jaoteltu ojitusluokkien mukaan.

Keskiarvo	n	Ojitus- luokka	N, kg/ha	P, kg/ha	N-tase, kg/ha	P-tase, kg/ha	P-luku	Sala- ojitettu, %
<b>Kaura</b>	1 002	huono	92	12,1	29,8	0,3	8,6	49 %
	9 389	hyvä	96	12,9	29,8	0,4	10,1	54 %
	2 078	erinomainen	100	13,3	31,1	0,1	11,6	62 %
<b>Kevätöljy- kasvit</b>	344	huono	103	11,3	56,5	-0,1	10,0	66 %
	4 374	hyvä	106	10,7	55,3	-1,7	12,0	72 %
	978	erinomainen	108	11,1	56,0	-1,8	12,8	83 %
<b>Kevät- vehnä</b>	881	huono	125	12,8	52,2	-2,5	9,9	68 %
	12 679	hyvä	125	11,6	49,9	-4,2	12,7	71 %
	2 851	erinomainen	124	11,9	46,7	-4,5	13,7	81 %
<b>Ohra</b>	1 030	huono	93	13,5	31,1	1,2	10,6	60 %
	15 121	hyvä	97	13,2	31,0	-0,1	13,0	66 %
	3 903	erinomainen	100	14,0	28,5	-0,3	13,1	71 %
<b>Syysruis</b>	91	huono	117	10,4	68,9	-0,5	12,3	75 %
	1 043	hyvä	121	8,5	66,2	-3,9	13,5	70 %
	323	erinomainen	122	8,1	64,4	-4,9	14,7	80 %
<b>Syysvehnä</b>	69	huono	148	10,4	71,5	-5,9	11,6	81 %
	1 381	hyvä	149	9,3	69,5	-7,5	14,5	75 %
	404	erinomainen	151	8,4	74,1	-7,9	15,8	88 %
<b>Säilörehu</b>	831	huono	152	13,2	3,6	-3,5	9,3	49 %
	10 757	hyvä	166	14,8	10,0	-2,8	10,4	51 %
	2 696	erinomainen	172	14,4	12,8	-3,4	11,5	55 %

Fosforilannoituksen taso ei poikennut merkittävästi eri ojitusluokkien välillä, mutta pellon fosforiluvut kasvoivat tasaisesti ojitusluokan parantuessa. Fosforitaseet olivat alhaisia ja suurimmaksi osaksi negatiivisia. Säilörehua lukuun ottamatta erinomaisessa ojitusluokassa saavutettiin muita luokkia alhaisemmat fosforitaseet.

Saavutettuja satotasoja tarkasteltiin myös suhteessa ojituksen kuntoon. Huonolla salaojituksen kunnolla saavutettiin todennäköisemmin alhainen sato, kuin erinomainen sato. Esi-merkiksi ohrasadoista korkeimpaan satoluokkaan (sato > 6 500 kg/ha) ei yltänyt yksikään peltolohko, jonka ojituksen kunto oli huono. Sitä vastoin 63 % peltolohkoista, joilla saavutettiin korkein ohran satotasoluokka, oli ojitukseltaan erinomaisessa kunnossa.

Ojituksen toimivuuden merkitys korostui märkinä vuosina. Kesäkuun sadannan kaksinkertaisuudessa pitkän ajan keskiarvosta erittäin hyvän ojituksen lohkoilla ohrasato ei kärsinyt vaan kasvoi hieman. Ojitukseltaan huonoilla lohkoilla liika märkyys sen sijaan leikkasi satoja.

## 4.3.2 Orgaaninen aines

### 4.3.2.1 Orgaanisen aineksen yhteys maan rakenteeseen, eroosioon ja sadontuottokykyyn

Maan ominaisuuksien vaikutusta satoon, maan rakenteeseen ja eroosioherkkyyteen tutkittiin Luken ja yksityisten viljelijöiden peltolohkoilta kerätyn aineiston perusteella ORANKI-hankkeessa (Salo ym. 2019). Tutkimukseen valittiin 17 peltolohkoa Luken Jokioisten ja Maaningan tutkimuspelloilta vuonna 2016. Tutkimukseen valitut lohkot olivat tilanhoidajien arvion mukaan sadontuottokyvyltään hyviä ja huonoja kivennäismaan lohkoja (orgaaninen aines <20 %), joilla viljeltiin kevätiljaa vuonna 2016. Vuonna 2017 satonäytteiden otto toistettiin samoilla lohkoilla ja tutkimukseen valittiin uusia lohkoja yksityisten viljelijöiden pelloilta. Eteläisestä Suomesta saatiin 19 ja Itä-Suomesta, Maaningan läheltä, 9 uutta lohkoa mukaan tutkimukseen. Peltolohkoilta otettiin maa- ja satonäytteitä. Lisäksi lohkoilta selvitettiin koevuosien viljelymenetelmät ja noin 10 vuoden viljelyhistoria. Maanäytteitä otettiin 0–60 ja 0–40 cm:n kerroksista. Sato määritettiin 75 x 75 cm koealalta. Maanäytteistä tutkittiin kokonais-C ja -N, tilavuuspaino, maan lajitekoostumus, juurten lukumäärä, viljavuus, pH ja kationinvaihtokapasiteetti.

Viljelijöiden ja tilanhoidajien näkemykset peltolohkojen sadontuottokyvystä vastasivat hyvin tutkimuksen aikana mitattuja satoja. Viljelijöiden huonoiksi arvioimat peltolohkot tuottivat vuosina 2016 ja 2017 hyviksi arvioituja peltolohkoja heikommat sadot. Hiilen ja samalla orgaanisen aineksen määrä oli tuottokyvyltään hyvillä savi- ja aitosavimailla suurempi kuin heikommin tuottavilla lohkoilla. Hyvätuottoisilla mailla juurten lukumäärä oli keskimäärin suurempi kuin huonotuottoisilla mailla. Huonosti tuottavien savimaiden tilavuuspaino oli suurempi kuin hyvin tuottavien. Aitosavimaiden korkea magnesiumipitoisuus vaikutti liittyvän alentuneeseen sadontuottokykyyn. Karkeilla mailla alhainen kaliumipitoisuus alensi satotasoja. Viljelytoimenpiteistä typpilannoitus ja typpilannoituksen jakaminen korreloivat positiivisesti sadon määrän kanssa.

Peltolohkojen maa- ja satotuloksia sekä käytettyjen viljelymenetelmien vaikutusta analysoitiin tilastollisesti monimuuttujamenetelmällä, jonka avulla haettiin etenkin sadonmuodostukseen vaikuttavia luokka- tai jatkuvia muuttujia (Taulukko 4.2).

**Taulukko 4.2.** Monimuuttujamenetelmässä tarkastellut luokkamuuttuja ja niiden arvot sekä jatkuvat muuttujat.

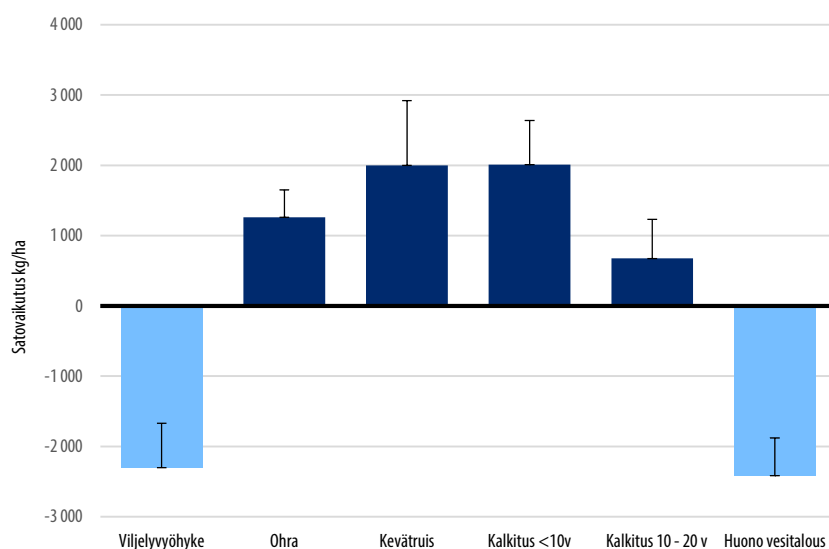
Luokkamuuttujat	Muuttujan arvo
Viljelyalue	Länsi-Suomi, Kanta-Häme, Itä-Suomi
Kasvi	Kevätviljalajit
Savesluokka	<30 %, 30–60 %, >60 %
Näytteenottovuosi	2016, 2017
Viljelykierto	Viljan monokulttuuri, muu
Maan muokkaus	Kyntö, muu
Viimeisestä kalkituksesta kulunut aika	<10 vuotta, 10–20 vuotta, >20 vuotta
Orgaanisten lannoitteiden aikaisempi käyttö	Kyllä, ei >10 vuoteen
Vesitalous	Hyvä, huono
<b>Jatkuvat muuttujat</b>	
Hiilipitoisuus	%
Saves/hiilisuhde	
Viljavuus (Ca, Mg, K, P)	mg/l
Johtoluku	10xmS/cm
pH	
Kationinvaihtokapasiteetti (KVK)	mekv/100g
KVK kationit	meq/100 g
Maan tilavuuspaino	g/cm <sup>3</sup>
Juurten lukumäärä	kpl/m <sup>2</sup>

Monimuuttuja-analyyseissä päädyttiin kahteen erilliseen satoa selittävään tekijään, maan hiilipitoisuuteen ja saves/hiili-suhteeseen. Luokkamuuttujien estimoidut vaikutukset sadonmuodostukseen maan hiilipitoisuuden sisältävässä mallissa esitetään Kuviossa 4.1.

Kalkituksen positiivinen vaikutus ja huonon vesitalouden satoa voimakkaasti laskeva vaikutus nähtiin yleistettävissä olevina maan ominaisuuksina. Sitä vastoin viljelyvyöhykkeen ja kasvilajien satovaikutusten ajateltiin kuvaavan enemmän aineiston ominaisuuksia kuin yleisempiä vaikutuksia.

Jatkuvista muuttujista typpilannoitustaso tuotti selkeän satoja nostavan vaikutuksen. Viljavuusfosfori lisäsi satoa, kun savespitoisuus oli 30–60 %, mikä selittyi tutkittujen maiden keskimääräistä alhaisemmilla fosforipitoisuuksilla.

**Kuvio 4.1.** Luokkamuuttujien vaikutus kevätiljojen satoon. Viljelyvyöhyke kuvaa Itä-Suomen alhaisempaa satotasoa muihin alueisiin nähden. Kevätuis ja ohra nostivat satotasoa suhteessa kauraan ja kevätvehnään.



Maan hiilipitoisuus lisäsi satoa yhden prosentin lisäystä kohden noin 600 kg/ha. Jos hiilipitoisuuden sijaan mallissa käytettiin saveksen ja hiilen suhdetta, luokkamuuttujista merkittäviksi jäivät vain Itä-Suomen matalammat satotasot, ohran satoa nostava vaikutus ja huonon vesitalouden satoa alentava vaikutus. Saves/hiili-suhteen nouseminen yhdellä yksiköllä alensi satoa 210–230 kg/ha, jos savea oli vähintään 30 %. Karkeilla kivennäismailla saves/hiili-suhteella ei ollut vaikutusta. Savimailla saves/hiili-suhde liittyy myös maan mururakenteen kestävytyteen ja siten eroosiorisktiin. Savimaista lähtee liikkeelle kolloidista savesainesta sitä enemmän mitä suurempi on maan saves/hiili-suhde.



## Keinot maan orgaanisen aineksen ylläpitämiseksi tai lisäämiseksi

**Viljelyn keinot maan orgaanisen aineksen säilyttämiseen ja kasvattamiseen.** Kirjallisuustutkimuksen mukaan (Salo ym. 2019) maan orgaanisen aineksen säilyttämisen ja määrän kasvattamisen kannalta on tärkeää lisätä yhteyttämällä ilmakehästä sidotun hiilen päätymistä maahan sekä ehkäistä hävikkiä. Hävikin estämiseksi on pyrittävä estämään liiallista orgaanisen aineksen mineralisaatiota ja minimoitava eroosiota sekä liukoisen orgaanisen aineksen huuhtoutumista.

Isojen jokien orgaanisen hiilen (TOC) pitoisuuksien havaittiin kasvaneen tarkasteluvuosina 1990–2018 (Salo ym. 2019). Tulosten analysointi osoitti, että hiilen vesistökuormaa voidaan vähentää luopumalla eroosioherkkien maiden kynnöstä ja viljelemällä nurmea turvepelloilla. Pohjanmaan turvepeltojen osuuden lisääntyminen nosti selvästi TOC-pitoisuutta jokivesissä vain silloin, kun nurmen osuus peltopinta-alasta oli alle 45 %. Varsinais-Suomen ja Uudenmaan ELY-keskusten alueella muokkaamattomien peltojen osuuden lisääntyminen tilastollisessa analyysissä yhdistyi jokivesien TOC-pitoisuuden pienentymiseen. Kirjallisuuden perusteella muokkauksen vähentäminen parantaa maan mururakennetta, mikä ehkäisee eroosiota ja eroosion mukana poistuvan hiilen hävikkiä. Maamurujen sisässä olevat orgaaniset molekyylit ovat myös suojassa mikrobihajotukselta. Toisaalta, jos muokkauksen vähentäminen vaikuttaa maan kasvukuntoon ja sitä kautta satotasoihin heikentävästi, ei muokkausta vähentämällä edistetä hiilen kertymistä.

Kirjallisuuden mukaan maan kasvukunnosta huolehtiminen edesauttaa hyvien satotasojen saavuttamista ja siten myös ylläpitää maahan kasvijätteinä ja juurieritteinä päätyvän hiilen määrää. Yhteyttävän kasvuston säilyttäminen pellolla mahdollisimman pitkään syksyllä tai suuremman maanpäällisen biomassan ja erityisesti juuribiomassan tuottaminen lisäämällä kasvibiodiversiteettiä, kasvattavat mahdollisuuksia sitoa hiiltä ilmakehästä biomassaan. Orgaanisen aineksen palauttamien maahan kasvintähteiden tai lannan mukana ehkäisee orgaanisen aineksen hävikkiä.

Kohtuullisella typpilannoituksella voidaan lisätä biomassan tuotantoa ja siten parantaa hiilen kerryttämismahdollisuuksia. Toisaalta typpilannoitus voi kiihdyttää orgaanisen aineksen hajoamista, sillä hajottajamikrobien kasvua rajoittavien ravinteiden lisäykset tehostavat mikrobitoimintaa. Runsas typpilannoitus voi myös yksipuolistaa mikrobiyhteisöä, millä voi olla negatiivisia vaikutuksia maan orgaanisen aineksen määrään. Lannoituksen vaikutukset maan orgaanisen aineksen määrään riippuvat todennäköisesti maassa jo olevan orgaanisen aineksen määrästä ja laadusta.

**Orgaanisten materiaalien ja maanparannusaineiden hajoaminen maassa.** Maan orgaanisen aineksen pitoisuutta voidaan yrittää nostaa lisäämällä maahan erilaisia orgaanisia materiaaleja. Pidempiaikainen vaikutus riippuu lisättyjen materiaalien hajoamisnopeudesta. MAHTAVA-hankkeessa (Regina ym. 2019, Heikkinen ym. 2021) tutkittiin

kerääjäkasvien (versot ja juuret), kompostoidun kasvimateriaalin, raakalannan, eri lailla käsiteltyjen lantojen, puhdistamolietteen (raaka, kompostoitu ja mädätetty) ja metsäteollisuuden kuitulietteen (raaka, kompostoitu ja kalkkistabiloitu) sekä biohiilen (männyn kuori, paju, kuusi ja olki) liukoisuutta happoon, veteen ja etanoliin sekä uuttoihin liuke-nematonta osuutta. Tulosten avulla voitiin laskea Yasso07-malliin soveltuvat parametrit ja simuloida materiaalien hajoaminen maassa.

Osa tutkituista materiaaleista otettiin jatkotutkimuksiin, joissa materiaalien hajoamista tutkittiin laboratorioissa ja kentällä. Kymmentä eri materiaalia inkuboitiin laboratorio-olosuhteissa maan kanssa. Kuuden viikon inkubointiajan jälkeen materiaalien orgaanisesta aineesta oli jäljellä 31–100 %. Tuore kasvimateriaali, ja erityisesti kasvien maanpäälliset osat menettivät eniten orgaanisesta aineksestaan. Pyrolysoidun männynkuoren, kompostoidun puhdistamolietteen ja kompostoidun hevosen lannan orgaaninen aines ei käytännössä hävinnyt lainkaan. Mädätetyn naudan lietelannan orgaanisen aineksen pysyvyys oli korkeampi kuin käsittelemättömän lietelannan.

Samoja materiaaleja kuin inkubointikokeessa tutkittiin kentällä hautaamalla niitä karikepusseissa maahan vuoden ajaksi. Maassa hajoamattoman orgaanisen aineksen osuus vaihteli 10–100 %:n välillä. Pysyvin materiaali oli biohiili, joka oli saatu pyrolysoimalla männyn kuorta hitaasti. Sen massassa ei tapahtunut lainkaan muutosta kokeen aikana. Seuraavaksi pysyvämpiä olivat kompostoitu hevosen lanta ja puhdistamoliete sekä mädätetty naudan lietelanta, joka hajosi käsittelemättömää lietelantaa hitaammin. Hevosen lanta ja puhdistamoliete oli kompostoitu turpeen kanssa. Järvestä korjatun ja sen jälkeen kompostoidun järviruon orgaaninen aines oli myös melko pysyvää. Vähiten pysyvää oli apilan versojen ja juurten orgaaninen aines, mutta juurten orgaaninen aines hajosi selvästi hitaammin kuin versojen.

Yasso07-malli ennusti melko hyvin eri orgaanisten aineiden hajoamista, mutta se aliarvioi helposti hajoavien materiaalien hajoamisen. Tuoreen kasvimassan ja metsäteollisuuden kuitulietteen orgaanisen aineksen pysyvyys oli mallin antamassa tuloksessa korkeampi kuin karikepussikokeen tulokset osoittivat. Tästä syystä Yasso07-mallin antamien tulosten epävarmuuksiin tulee kiinnittää huomiota.

Materiaalien vaikutusta maaperän hiilivarastoihin voidaan pääsääntöisesti ennustaa niiden kemiallisen laadun perusteella. Tuore kasvimateriaali hajoaa maassa helpoiten, ja mitä pidemmälle aines on käsitelty, sitä hitaammin se maassa hajoaa. Lannan prosessointi ei heikennä lannan hiilivaikutusta maahan, koska prosessoinnin jälkeen hiili on pysyvämmässä muodossa.

**Orgaanisten materiaalien potentiaali nostaa maan hiilivarastoa.** Materiaalien käytön potentiaalia maan hiilipitoisuuden nostamiseksi tarkasteltiin karikepussikokeen antamien

hajoamistulosten ja materiaalien orgaanisen aineksen pitoisuuksien perusteella. Tulosten mukaan käyttämällä 1 000 kg/ha materiaalien kuiva-ainetta maanparannuksessa, kasvaa orgaanisen aineksen määrä maassa 88–962 kg/ha (Taulukko 4.3).

**Taulukko 4.3.** Maan orgaanisen aineksen varaston kasvaminen erilaisilla maahan lisätyillä materiaaleilla. Laskennallisesti tarvittava lisäysmäärä vuosittain, jotta 4 promillen hiilimäärän kasvu maassa voitaisiin saavuttaa sekä materiaalien tyypilliset vuosittaiset lisäysmäärät.

Materiaali	Vaikutus maan hiilivarastoon (kg/1 000 kg ka)	Tarvittava lisäysmäärä (kg ka/ha) 4 promillen lisäyksen saavuttamiseksi	Tyypillinen lisäysmäärä (kg ka/ha/ vuosi)
Apila, versot	88	2 450	670
Apila, juuret	267	809	1 240
Lypsylehmän lietelanta, käsittelemätön	396	545	2 200
Lypsylehmän lietelanta, mädätetty	583	370	2 200
Hevosien lanta, kompostoitu	709	305	7 400
Järviruoko, kompostoitu	213	1 015	7 000
Puhdistamoliete, kompostoitu	490	441	7 500
Metsäteollisuuden kuituliete, kompostoitu	381	566	225
Hitaasti pyrolysoitu männyn kuori (375 °C)	962	255	-

Biohiilen lisäyksellä maahan on suurin potentiaali nostaa maan hiilipitoisuutta, mutta myös käsittelemättömän naudan lietelannan vaikutus osoittautui suhteellisen suureksi. Vaikka kompostoidun puhdistamolietteen orgaanisen aineksen pysyvyys on melko korkea, ei se nosta maan orgaanisen aineksen pitoisuutta samassa suhteessa, koska puhdistamolietteen tuhkapitoisuus on korkea. Kompostoidun järviruon maan orgaanista ainesta nostaviin tuloksiin tulee suhtautua varauksellisesti, koska orgaanisen aineksen pysyvän osuuden estimoinnissa oli epävarmuutta.

Maaperävaikutus ei aina ole samankokoinen ilmastovaikutuksen kanssa. Kerääjäkasvin tapauksessa näin on, koska kyseessä on tavanomaisen viljelykasvin lisäksi peltoon kasvatettava biomassa. Lannan hiili päättyy pelloille kokonaisuudessaan joka tapauksessa, joten

mahdolliset ilmastotoimet voisivat koskea lannan monipuolisempaa käsittelyä. Mädätys-jäännös hajoaa maassa käsittelemätöntä lantaa hitaammin, joten esimerkiksi lannan bio-kaasutuksen yleistyminen ei olennaisesti vähennä lannan maaperän hiilivarastoa lisäävää vaikutusta, vaikka hiiltä menetetään käsittelyn aikana. Pyrolyysiprosessissa materiaalin pysyvyys maassa kasvaa niin paljon, että saavutetaan selkeä hyöty esimerkiksi verrattuna hakkuutähteiden jättämiseen metsämaahan.

### 4.3.3 Typpilannoitus

#### Typpilannoituksen vaikutus sadon määrään

PERA-hankkeessa tarkasteltiin lohkopankkiaineistoa myös typpilannoituksen, saavutetun sadon ja typpi- ja fosforitaseen kannalta suhteessa lohkojen sadontuottoon (Ovaska ym. 2021). Havaittiin, että suuremman sadon tuottaneita lohkoja myös lannoitettiin typellä enemmän kuin alemman sadon lohkoja. Sadon mukana poistuneen typen määrän kasvu oli useimmiten suurempi kuin typpilannoituksen lisäys satotason noustessa, mikä johti typpitaseiden laskuun. Suurempi sato myös laski fosforitaseita. Myös ORANKI-hankkeessa havaittiin typpilannoituksen ja sadon yhteys (Salo ym. 2019). Typpilannoitusta annettiin enemmän maille, jotka tuottivat paremman sadon, mikä kuvastaa sitä, että viljelijöillä oli hyvin tiedossa peltolohkojensa satopotentiaali. Hankkeessa kerätyn aineiston mukaan yhden typpikilon vaikutus satoon oli 61 kg/kg N, mikä on selvästi korkeampi luku kuin typpilannoituksen vastemalleissa. TerveKasvi-hankkeessa (Jalli ym. 2019) typpilannoituksen vaikutus satoon riippui vuodesta ja viljalajista. Vehnä hyötyi korkeammasta typpilannoitustasosta, mutta ohralla saatiin pientä satohyötyä vain toisena kahdesta tutkimusvuodesta.

#### Typpilannoituksen ja lämpötilan vaikutus nurmisadon kivennäisainepitoisuuksiin

Kivennäisainepitoisuudet vaikuttavat nurmirehua käyttävien lypsylehmien poikimahalvausriskiin. Typpilannoituksen ja lämpötilan vaikutus nurmikasvien kivennäispitoisuuksiin kasvihuonekokeessa riippui nurmikasvilajista (Jalli ym. 2019). Timotei ja nurminata poikikesivat selvästi toisistaan useimpien kivennäispitoisuuksien osalta, mitä osin selitti lajien suuren eron lehti-korsisuhteessa. Kivennäispitoisuuksissa havaittiin merkittäviä eroja myös eri niittojen välillä.

Timotein ja nurminadan kivennäispitoisuudet reagoivat usein eri tavoin kasvatuslämpötiloihin. Rehun poikimahalvausriskiä kuvaava DCAD-arvo (dietary cation-anion difference) nousi lämpötilan myötä ensimmäisessä niitossa ja arvo oli timoteilla nurminataa korkeampi. Toisessa niitossa DCAD-arvo oli korkeampi suuremmalla typpilannoituksella kuin alhaisella typpilannoituksella, ja myös lämpötilan ja typpilannoituksen yhdysvaikutus oli merkitsevä. Nadalla pitoisuus oli riskitasoa alhaisempi molemmissa niitoissa.

## Orgaanisen aineksen ja savespitoisuuden vaikutus typpilannoituksen satovasteeseen

Maan lajitekoostumuksen ja orgaanisen aineksen pitoisuuden vaikutusta typen mineraloitumiseen ja saavutettuihin viljasatoihin tutkittiin typpilannoituksen saaneilla ja ilman typpilannoitusta viljellyillä kivennäismailla ORANKI-hankkeessa (Salo ym. 2019, Soinne ym. 2020). Ensiksi tutkittiin typen nettomineralisaatiota ja maan hengitystä inkuboimalla eri hiili- ja savespitoisuuden omaavia maita laboratoriossa. Sen jälkeen arvioitiin, kuinka paljon kasvit saavat maasta luontaisesti typpeä. Pello-olosuhteista määritettiin sekä typpilannoitusta saaneiden että ilman typpilannoitusta kasvaneiden viljojen sadot savimailta (savesa 30–78 %) ja karkeilta kivennäismailta (savesa 0–28 %). Viljelijöitä oli pyydetty jättämään tutkimukseen valituille lohkoille myös lannoittamaton alue, josta määrittäminen voitiin tehdä ja ottaa maanäytteet analyysiin.

Savimailta (hiilipitoisuus 2,5–9,0 %) sekä typen nettomineralisaatio että viljan jyväsato (lannoitettu ja lannoittamaton) laskivat, kun maan saves/hiili -suhde kasvoi. Lisäksi mailloilla oli korkea saves/hiili-suhde, lannoitetypen hyötysuhde (lisäsato/kg lannoitetyppi) vaihteli voimakkaasti, mikä viittasi siihen, että kasvua rajoitti jokin muu tekijä kuin typpi. Karkeilla kivennäismailla typpilannoituksella saavutettu sadonlisä kasvoi, kun maan hiilipitoisuus kasvoi. Hankkeen tulosten mukaan Suomen ilmasto-olosuhteissa (kylmä ja kostea) kohtuullisen satotason saavuttaminen ilman merkittäviä typpitappioita ympäristöön vaatii sitä enemmän orgaanista hiiltä maahan, mitä korkeampi maan savespitoisuus on. Karkeilla kivennäismailla, joilla keskimääräinen orgaanisen hiilen pitoisuus oli melko korkea (2,3 %), orgaaninen hiili paransi lannoitetypen hyötysuhdetta. Maan saves/hiili-suhde ja tyypellä lannoittamattomat kontrolliruodut pelloilla toimivat keinoina, joiden avulla viljelijät voivat tarkentaa typpilannoitusta paikkakohtaisesti.

Hankkeessa koottuja tietoja lannoittamattomien alueiden sadon tuotannosta hyödynnettiin Typpitaselaskurin kehittämisessä.

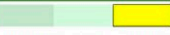

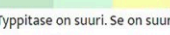
## Typpitaseiden tulkinta ja kevätilviljojen typpilannoituksen optimointi

Typpitaselaskuri-hankkeessa kehitettiin työkalu, joka avustaa neuvojaa ja viljelijää vertaamaan peltolohkojen typpitaseita oikeisiin viiteryhmiin, tuottaa tilanteesta tulkinnan ja tarpeen vaatiessa antaa hyödyllisiä toimenpide-ehdotuksia tilanteen parantamiseksi (Turtola ym. 2020a ja 2020b). Typpitaseiden tulkinnan lähtökohdaksi otettiin peltolohkon liukaisen typen taseen vertaaminen omaan viiteryhmäänsä. Tällöin typpitasetta arvioidaan kahdella kriteerillä: 1) onko typpitase suurempi kuin muissa vastaavissa tapauksissa ja 2) ylittääkö typpitase sen taseen, mitä kyseisellä satotasolla tyypillisesti saadaan. Kriteerien toteutuminen määriteltiin käytössä olevan tausta-aineiston perusteella, josta laskuri haki kulloiseenkin tapaukseen sopivan viiteryhmän. Tausta-aineisto oli kerätty ”Hyötyä taseista”-hankkeessa (Turtola ym. 2017) ja sitä täydennettiin vuosien 2014–2018 osalta Typpitaselaskuri-hankkeessa.

Tietokanta sisälsi yli 200 000 viljelytietoa kattaen laajasti erilaisia viljelyolosuhteita ja lannoitustasojä. Aikaisemman tutkimuksen tulosten perusteella typpitaseiden tausta-aineisto luokiteltiin taseisiin, jotka ovat toteutuneet eri viljelykasveilla, alueilla, maaluokilla ja käytettäessä vain mineraalityppeä tai myös kotieläinten lantaa vuosina 2000–2018. Myös kasvukausien säiden aiheuttama vaihtelu huomioitiin. Kriteerien 1 ja 2 toteutuminen määrittää typpitaseen tulkinnan suhteessa viiteryhmäänsä. Typpitasetta arvioidaan myös suhteessa siitä aiheutuvaan ympäristöriskii. Tämä arvio perustuu typpitaseen absoluuttiseen suuruuteen (kriteeri 3). Typpitaselaskurin ehdotukset ympäristöriskiä vähentäväksi toimenpiteiksi perustuvat kaikkiin yllä mainittuihin kolmeen kriteeriin (Kuvio 4.2). Ehdotukset muuttuvat sen mukaan, miten tase sijoittuu suhteessa viiteryhmäänsä ja kuinka suuri on siitä aiheutuva ympäristöriski. Typpitaselaskuri on käytettävissä Luken Maatalousinfon kautta osoitteessa <https://maatalous-info.luke.fi/fi/laskurit/nitrogenbalance>.

**Kuvio 4.2.** Typpitaselaskuri antaa tulkinnan saavutetusta typpitaseesta. Jos typpitase on viitearvoonsa nähden korkea, antaa laskuri toimenpidesuosituksia tilanteen parantamiseksi. Käyttäjä voi ladata tulokset csv-tiedostona myöhempää tarvetta varten.

**Typpitaseet ja niiden tulkinta peltolohkoittain vuonna 2020** ⓘ

Lohko	Kasvi	Lannoitteissa annettu liukoinen typpi – sadon mukana poistunut typpi = typpitase (kg/ha)	Typpitase suhteessa viiteryhmään ⓘ	Typpitaseesta aiheutuva ympäristöriski ⓘ	Ympäristöriskiä vähentäviä toimenpiteitä ⓘ
Rinnepelto	ohra	100 – 78 = 22	 Typpitase on suurempi kuin puolella vertailuaineistosta.	Typpihuuhtouman riski on hieman kohonnut.	Kerääjäkasvien viljely, typpilannoituksen vähentäminen
Notkopelto	kaura	70 – 89 = -19	 Typpitase on pienempi kuin puolella vertailuaineistosta.	Typpihuuhtouman riski on pieni.	Tilanne hyvä, toimenpiteitä ei tarvita
Päistepelto	säilörehunurmi	150 – 128 = 22	 Typpitase on suuri. Se on suurempi kuin 75 %:lla vertailuaineistosta.	Typpihuuhtouman riski on pieni.	Vesitalouden ja/tai maan rakenteen parantaminen

Lataa csv-tiedostona

< Edellinen Seuraava >

**Kuvio 4.3.** Laskurin antama tulos typpilannoituksen taloudellisesta optimiratkaisusta, sadon valkuaispitoisuudesta ja tulosta vastaava typpitase. Käyttäjää saa lisätietoa vihreistä i-merkityistä kohdista.

Arvio typpilannoituksen taloudellisesta optimista, Rinnepelto <span>i</span>			
Paras taloudellinen tuotto peltolohkolla Rinnepelto voidaan saavuttaa käyttäen 0 m <sup>3</sup> naudan lietelantaa ja 114 kg mineraalilannoitetyyppeä hehtaaria kohti:			
		Arvio taloudellisesta optimista	
Kauran myyntituotot	(160,00 €/t)	5 058 kg/ha	809,28 €/ha
Mineraalilannoitetyypen ostokustannukset	(0,94 €/kg)	114 kg/ha	107,55 €/ha
Lannoitustyön kustannukset (miner.lann.)	(25,00 €/h)	0,5 h/ha	12,50 €/ha
Hehtaari tuotto			689,23 €/ha
• jolloin typpilannoituksella saatu sadonlisä on		3 018 kg/ha	
• ja typpilannoituksen avulla saatu lisätulo on			482,88 €/ha

Typpitaseet, Rinnepelto <span>i</span>		
Taloudellisesti optimoidulla typpilannoituksella saadulla satotasolla sadon valkuaispitoisuus on 13,8 %. Taloudellisen optimin laskennassa ei ole huomioitu valkuaispitoisuuden muutoksen mahdollista vaikutusta tuotteesta saatavaan hintaan. (Aiemmalla lannoituksella valkuaispitoisuus 13,0 %.)		
	Arvio taloudellisesta optimista	Aiempi lannoitus
Lannoitteiden liukoinen typpi	114 kg/ha	90 kg/ha
Sadon typpi	96 kg/ha	84 kg/ha
Typpitase <span>i</span>	18 kg/ha	6 kg/ha

Typpilannoituksen määrä on yksi tärkeimmistä typpitaseeseen vaikuttavista tekijöistä. Tämän vuoksi oli luonnollista sisällyttää laskuriin menetelmä optimoida kevätiljojen typpilannoitusta ja havainnollistaa peltolohkon typpitaseen muutosta viljelijälle taloudellisen tuloksen kautta. Laskuri sisältää myös tuoreimmat tietovarannot typpilannoituksen optimointiin kevätiljoilla. Laskuri soveltaa tiedon kunkin peltolohkon tuottokyvyn kanssa ja havainnollistaa typpilannoitustason muuttamisen vaikutuksen typpitaseeseen ja taloudelliseen tulokseen (Kuvio 4.3). Tavoitteena on, että laskuria käyttämällä myös peltolohkojen perusparannusten tarve tulisi näkyviin, samoin kuin pellon tuottokyvyn ja typpilannoitustarpeen välinen yhteys.

#### 4.3.4 Kasvinsuojelu

TerveKasvi-hankkeessa saatujen tulosten mukaan torjumatta jääneet rikkakasvit vähentävät suomalaisen ohran ja keväthehnan satoa keskimäärin 200 ja kasvitaudit 500 kg/ha (Jalli ym. 2019, Kauppi ym. 2021). Terveellä tai peitatulla kylvösiemenellä voidaan estää keskimäärin 300 kg/ha satotappio. Jos ohran ja vehnän tuotannossa ei tehtäisi mitään kasvinsuojelutoimenpiteitä, olisivat laskennalliset ravinnetappiot nykyisillä ohran ja vehnän kokonaisviljelyaloilla jopa 14 miljoonaa kiloa typpeä ja 2,8 miljoonaa kiloa fosforia vuodessa (Taulukko 4.4). Kasvintuhoojien vaikutusta ravinnetaseisiin ei hankkeessa suoraan laskettu, mutta sadon mukana poistuvat ravinnemäärämuutokset vaikuttavat luonnollisesti vastaavasti ravinnetaseisiin.

Tuhoeläinten (kirvojen) aiheuttama satovaikutus vaihteli 420–750 kg/ha, mutta kyseessä oli pieni aineisto. Kirvamäärissä on yleensä suurta vaihtelua sekä ajallisesti että paikallisesti ja kirvatuhoja esiintyy vain satunnaisesti, joten niiden merkitystä voidaan pitää kokonaisuudessaan melko pienenä.

**Taulukko 4.4.** Keskimääräinen kasvintuhoojien vaikutus ohran ja vehnän jyvä-, N- ja P-satoon mikäli kasvukauden aikaisia yksittäisiä kasvinsuojelutoimenpiteitä ei tehdä.

	Sato- tappio, kg/ha	N-sato- tappio, kg/ha	P-sato- tappio, kg/ha	N-satotappio, milj. kg/koko viljelyala*	P-satotappio, milj. kg/koko viljelyala*
Ei peittausta	300	6,0	1,2	4,2	0,84
Ei rikkakasvitorjuntaa	200	4,0	0,8	2,8	0,56
Ei kasvitautitorjuntaa	500	10,0	2,0	7,0	1,40

\*) Ohran ja vehnän viljelyala Suomessa yhteensä 700 000 ha

Tulokset perustuvat Luken pitkäaikaisaineistoihin (viralliset lajikekokeet, torjunta-ainetutkimuksen tehokkuuskokeet) ja Luken muiden hankkeiden tuottamiin aineistoihin. Saatuja tuloksia on myös verrattu käytännön viljelystä kerättyyn ISO-VILJA-aineistoon. Sadon ravinnepitoisuuksia saatiin aikaisempien hankkeiden mittaustuloksista ja rehutaulukoista.

### Rikkakasvien vaikutus ohran ja kevätvehnän satoon kenttäkokeessa

Typpilannoituksen ja rikkakasvitorjunnan vaikutukset ohran ja kevätvehnän satoon sekä rikkakasvien biomassoihin ja ravinteiden ottoon heijastuivat eri tavoin kahtena toisistaan poikkeavana kasvukautena (Jalli ym. 2019). Kenttäkokeessa oli kaksi eri typpilannoitustasoa ja herbisidiä kahdella eri käyttömäärällä (puoliannos, täysannos) sekä kontrollikäsitteily ilman rikkakasvitorjuntaa.

Kesä 2017 oli sateinen ja viileä, kun taas kesä 2018 oli hyvin kuiva ja lämmin. Vehnä hyötyi korkeammasta typpilannoituksesta molempina tutkimusvuosina. Rikkakasvitorjunnan satohyöty näkyi vehnällä vuonna 2017 korkeammalla ja vuonna 2018 alhaisemmalla typpitasolla, mikä selittyi rikkakasvien esiintymisellä. Torjunta-aineella käsittelemättömällä vehnällä korkeampi typpilannoitustaso vuonna 2017 lisäsi rikkakasvien massaa, kun vuonna 2018 rikkakasveja oli runsaammin alemmalla typpilannoitustasolla.



Ohra ei hyötynyt korkeammasta typpilannoituksesta eikä rikkakasvitorjunnasta ensimmäisenä tutkimusvuonna. Vuonna 2018 ohralle oli hieman hyötyä korkeammasta typpilannoituksesta, mutta herbisidikäsittely sitä vastoin pienensi hieman ohran satoa. Typpilannoitustaso ei vaikuttanut kumpanakaan vuonna herbisidillä käsittelemättömän ohran rikkakasvimassaan. Rikkakasveja oli huomattavasti runsaammin vuonna 2017 kuin vuonna 2018, jolloin ohra kilpaili hyvin rikkakasveja vastaan.

Rikkakasvit ottivat keskimäärin 20 kg/ha typpeä ja 1,7 kg/ha fosforia, kun niitä ei torjuttu. Sivuravinteista rikkakasvit ottivat eniten kalsiumia. Rikkakasvit ottivat painoonsa nähden viljelykasveja tehokkaammin hivenravinteita. Erityisesti pelloillamme yleiset juolavehänä, pelto-ohdake ja peltovalvatti voivat ottaa runsaina esiintyessään merkittävän osan viljelykasveille suunnatuista ravinteista.

### Rikkakasvien vaikutus nurmisatoon

Rikkakasvien haitallisuuden arviointi nurmituotannossa poikkeaa muusta kasvituotannosta siinä, että rikkakasvit ovat osaltaan käyttökelpoista korjattavaa satoa. Siten ne eivät vähennä ravinteita muodostuvalta sadolta samalla tavalla kuin viljojen tai öljykasvien viljelyksessä. Kirjallisuusselvityksen perusteella (Jalli ym. 2019) rikkakasvien torjunnan satovaste nurmikasvustoissa on epälineaarinen. Jos ne torjutaan pois, eivät kä nurmikasvit (timotei ja nurminata) täytä syntyneitä aukkoja, alenee kokonaissato. Jos rikkakasveja on alle 10 % sadon kuiva-aineesta ei satovastetta rikkakasvitorjunnalle saada, mutta rikkakasvien leviämistä pystytään hillitsemään. Rikkakasvien torjunnalla saadaan suurin vaikutus satoon, kun rikkakasvit kattavat 10–20 % nurmen kuiva-ainesadosta. Yli 30 % rikkakasvi-osuudella päädytään torjunnassa satotappioihin ja parempi vaihtoehto on nurmen uusiminen kuin rikkakasvien torjuminen.

### Ravinnetasapainon vaikutus viljelykasvien kestävyys- ja vaikeasti hallittavia taudinaiheuttajia vastaan

Mangaanilla (Mn), sinkillä (Zn) ja rikillä (S) havaittiin taudinaiheuttajan haittoja vähentäviä ja kasvin terveyttä edistäviä vaikutuksia kasvihuonekokeissa. Mangaanin positiiviset vaikutukset havaittiin kaikissa kolmessa TerveKasvi-hankkeen toteuttamassa kokeessa (Jalli ym. 2019).

Mn- ja Zn-lannoitukset paransivat *Fusarium*-sienipitoisen kauran itävyyttä. Tyvitautioireisiin tai orasvaiheessa kerättyjen yksilöiden kuiva-ainepainoon Mn- tai Zn-lannoituksilla ei kuitenkaan ollut vaikutusta. Samansuuntaiset tulokset saatiin hyvin heikosti itävällä siemenellä.

*Fusarium graminearum* -sienellä tartutetun kauran lehtivihreäpitoisuus oli röyhylletulovaiheessa suurin koejäsenissä, jotka olivat saaneet kylvön yhteydessä Mn-lannoituksen. *Fusarium*-tartuntataso oli kokeessa alhainen ja *Fusarium*-sienipitoisten jyvien lukumäärässä ei ollut eroa eri koejäsenten välillä. Myös DON-toksiinipitoisuudet olivat kasvihuoneoloissa tehdyssä kokeessa melko alhaiset. Mn-lannoituksen saaneissa koejäsenissä DON-toksiinipitoisuudet olivat muita koejäseniä alhaisempia.

Laikkutauteja aiheuttavien *Drechslera*-sienten oireet tulivat nopeammin esiin nurminadalla kuin timoteilla, ja myös oireiden kehitys oli nurminadalla timoteita nopeampaa. Nurminadalla lehtilaikkutautien oireet etenivät merkitsevästi hitaammin, kun kasvit saivat NPK-lannoitteen lisäksi myös mangaania, rikkiä ja sinkkiä. Timotein oireiden voimakkuuteen ei eri lannoituksilla ollut vaikutusta.

### **Muokkauksen ja viljelykierron vaikutus maan ja kasvin terveyteen sekä ravinteiden hyödyntämiseen.**

Luken pitkäaikaisten muokkaus- ja viljelykiertokokeiden aineistoja ja uusia sato- ja maaperäanalyysejä analysoimalla voitiin osoittaa, että viljelytoimenpiteitä valitsemalla voidaan suosia kasvin kasvua edistäviä luontaisia maaperämikrobeja (Jalli ym. 2019). Kyntäminen sekoitti pintamaan muokkauskerrokseen tasaisesti. Muokkauksen keventäminen sen sijaan kerrytti mikrobistoa pintamaahan. Monipuolisella kasvinvuorotuksella havaittiin maaperämikrobiston kokonaismäärää lisäävä vaikutus ohran monokulttuuriin verrattuna.

Runsaalla mikrobiston kokonaismäärällä todettiin yhteys peltomaan kykyyn tukahduttaa maalevintäisiä kasvitauteja. Mitä enemmän mikrobistoa oli maanäytteessä, sitä heikommin testisienenä ollut punahomeen aiheuttaja *Fusarium culmorum* pystyi kasvamaan ja sitä vähemmän ohran kasvustossa todettiin sen aiheuttamia oireita.

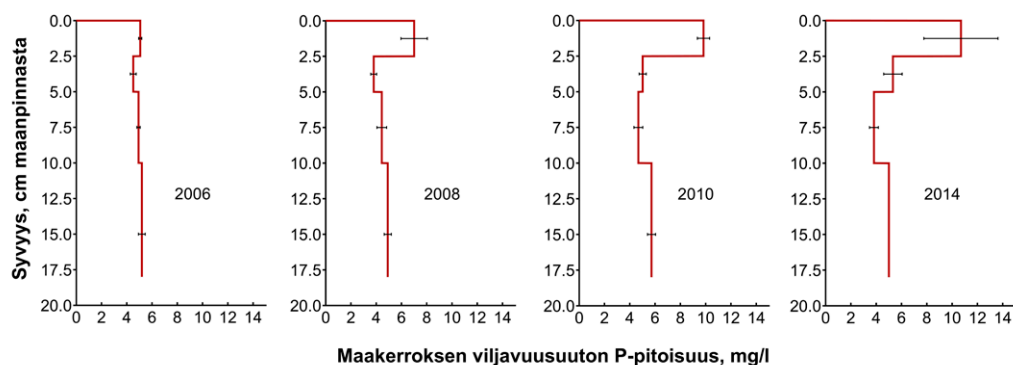
Tutkimusta jatkettiin astiakokeella, jossa koemaan mikrobimäärää manipuloitiin sekoittamalla eri määriä pitkäaikaiskokeen kyntö- ja kultivointikäsitteistä otettua maata steriiliin kvartsihiekan kanssa. Kokeeseen otettiin kaksi erilaista ohralajiketta, joista toinen (ns. moderni lajike 'Elmeri') pärjäsikin paremmin korkealla mineraalilannoitustasolla ja toinen matalalla (maatiaislajike 'NGB 8185'). Astiakokeessa Elmeri otti ravinteita satoon tehokkaammin kuin vertailussa ollut maatiaislajike NGB 8185. Maatiaislajike kuitenkin tuotti määrällisesti enemmän satoa. Runsaan mikrobiston arveltiin häirinneen modernin lajikkeen sadontuottoa, mahdollisesti ravinnekilpailusta johtuen. Maatiaislajike sen sijaan tuotti satoa varsin tasaisesti erilaisissa maaseoksissa, jotka sisälsivät erilaiset kokonaismäärät mikrobistoa.

### 4.3.5 Fosforin kerrostuminen ja kasvipeitteisyyden kohdentaminen

Maatalouden ympäristöohjelmien tilatason täytäntöönpanossa muokkaustoimet ovat nousseet tärkeään asemaan. Kevennetty muokkaus ja pysyvä kasvipeitteisyys on nähty tehokkaina eroosiontorjuntatoimina, mitä ne parhaimmillaan ovatkin. Muokkaussyvyyden vähentäminen tai muokkauksen korvaaminen suorakylvöllä on kuitenkin yllättäen aiheuttanut ei-toivottuja vaikutuksia fosforikuormitukseen. Fosforin pitoisuus entisen muokkauskerroksen eri syvyyksissä ei pysy samanlaisena kuin vuosittain kynnettäessä, vaan maakerrosten fosforipitoisuudet eriytyvät siten, että kasvit kuluttavat fosforia runsaammin noin 5–20 cm:n syvyydellä, jossa juuriston tiheys on suuri. Kasvien ottamaa fosforia siirtyy maanpäällisiin osiin ja se osuus, mikä ei siirry satotuotteissa pellolta pois, jää maan pintaan hajoamaan. Hajoavasta kasvinjätteestä vapautuva fosfori pidättyy maan pintakerrokseen, mikä nostaa muutaman senttimetrin vahvuisen pintamaakerroksen helppoliukoisen fosforin pitoisuutta. Näin entiseen muokkauskerrokseen syntyy fosforikerrostuma, jossa pintakerroksen fosforipitoisuus voi nousta moninkertaiseksi alempien kerrosten pitoisuuteen verrattaessa (Kuvio 4.4). Pintakerroksen ja sen alapuolisen maan fosforipitoisuuksien suhteellinen ero on suurin maissa, joiden helppoliukoisen fosforin pitoisuus (P-luku) on alhainen.

Aktiiviviljelyssä olevilla mailla fosforipitoisuuden eriytyminen tapahtuu yllättävän nopeasti. Nopein nousu näyttää viljelymaissa tapahtuvan 4–5 vuoden kuluessa, minkä jälkeen pintakerroksen pitoisuus voi joko jatkaa kasvua hitaampaan tahtiin tai alkaa vähitellen laskea. Reilusti ylijäämäiset P-taseet johtavat kasvun jatkumiseen, kun pellolle jäävän kasviaineksen fosforipitoisuus pysyy korkeana ja myös pintakerroksen alapuolinen maa, johon lannoitteet lisätään, saa enemmän fosforia kuin sieltä poistuu. Alijäämäisillä P-taseilla pintamaan ja sen alapuolisen maan pitoisuusero kasvaa voimakkaasti ja tämä ero pyrkii tasoittumaan aina, kun maan kosteuspitoisuus sallii fosforin diffuusiota.

**Kuvio 4.4.** Lintupajun vuonna 2006 suorakylvöön siirtyneen pellon entisen kyntökerroksen fosforipitoisuusprofiili. Aineisto: Jaana Uusi-Kämpä (Luke).



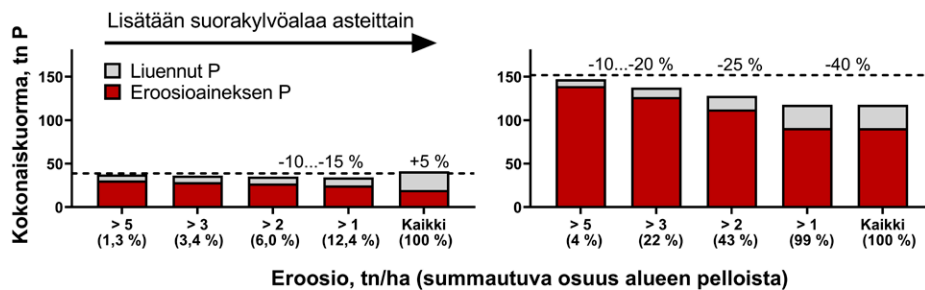
Fosforin pitoisuuserojen muodostuminen ei sadontuoton kannalta ole suuri ongelma, koska lannoitteiden sijoittaminen turvaa kasveille fosforia paikkaan, jossa se on juuriston hyödynnettävissä. Maan pintakerroksen fosforipitoisuuden kasvu johtaa kuitenkin sen kanssa kontaktissa olevan veden liuenneen fosforin pitoisuuden kasvuun. Pintakerroksen maan korkea fosforivaranto syöttää liuennutta fosforia sateen jälkeen pinnalle jäävään veteen ja pintaa pitkin virtailevaan veteen. Savimailla, joissa on halkeamien ja juuri- ja lieronkanavien muodostama huokosverkko, veden liike pinnalta salaojiin voi olla hyvin nopeaa. Näin ollen myös salaojavesien liuenneen fosforin pitoisuudet voivat kasvaa suuriksi, mikä havaittiin Kotkanojan suorakylvön ja kynnön vertailukokeessa (Uusitalo ym. 2018).

Kun fosforin rikastuminen maan pintaan on yhteydessä valumavesien kasvaneeseen liuenneen fosforin pitoisuuteen, tulisi rikastumisprosessi sisältyä myös päätöksenteossa käytettäviin malleihin. P-kerros hankkeessa kehitettiin laskentayhtälöt rikastumisprosessin kuvaamiseksi ja niitä verrattiin mallista riippumattomien havaintojen kanssa. Malli kuvasi fosforin kerrostumista kelpollisesti ja se antoi samanlaisia tuloksia kuin USA:ssa rakennetun APLE-mallin kerrostumisyhtälöt.

Esimerkkinä siitä, miten fosforin kerrostumisen vaikutukset voivat näkyä valuma-alueen eroosion torjunnan tehokkuudessa, voimme tarkastella kahta kuvitteellista valuma-aluetta. Toinen alue on topografiansa vuoksi vain vähän erodoituva (alue A), kun taas toisella alueella eroosio on suurta (alue B) (Kuvio 4.5). Molemmilla alueilla yli 80 % fosforikuormasta liittyy eroosioaineksen mukana kulkevaan fosforijakeeseen, kun alueiden pellot kynnetään vuosittain. Fosforin kokonaiskuormaa pyritään vähentämään kasvattamalla suorakylvössä olevaa peltoalaa ja se tehdään lisäksi siten, että eroosion torjuntaa kohdennetaan ottamalla suorakylvöön asteittain lisää pelloja eroosioherkkyyden mukaan.

Eroosio pienenee molemmilla alueilla, kun lisää pelloja tulee suorakylvettäväksi. Lopulta, kun koko peltoala on siirtynyt suorakylvettäväksi, on eroosio puolittunut. Miten kävi fosforikuorman? Kun liuenneen fosforin kuormat kasvavat suorakylvöön liittyvän fosforin kerrostumisen vuoksi, alun perin vähän erodoituvan alueen A fosforin kokonaiskuorma vähenee selvästi eri tahtia kuin eroosio, ja saattaa lopulta kääntyä suuremmaksi kuin lähtötilanteessa. Eroosioherkällä alue B:llä päästään kokonaiskuorman laskuun, mutta fosforikuorman puolittaminen ei aivan onnistunut.

**Kuvio 4.5.** Eroosion torjuntatoimien laajuuden ja kohdistamisen vaikutus fosforin kokonaiskuormaan vähän (vasen) ja herkästi (oikea) erodoituvalla valuma-alueella. X-akselin luvut > 5, > 3 jne. kuvaavat vuotuisen eroosion määrää (tn/ha) ja niiden alla suluissa on annettu summautuva osuus peltoalasta, joka näihin eroosioluokkiin kuuluu. Katkoviiva osoittaa lähtötason, jossa kaikki pellot on vuosittain kynnetty.

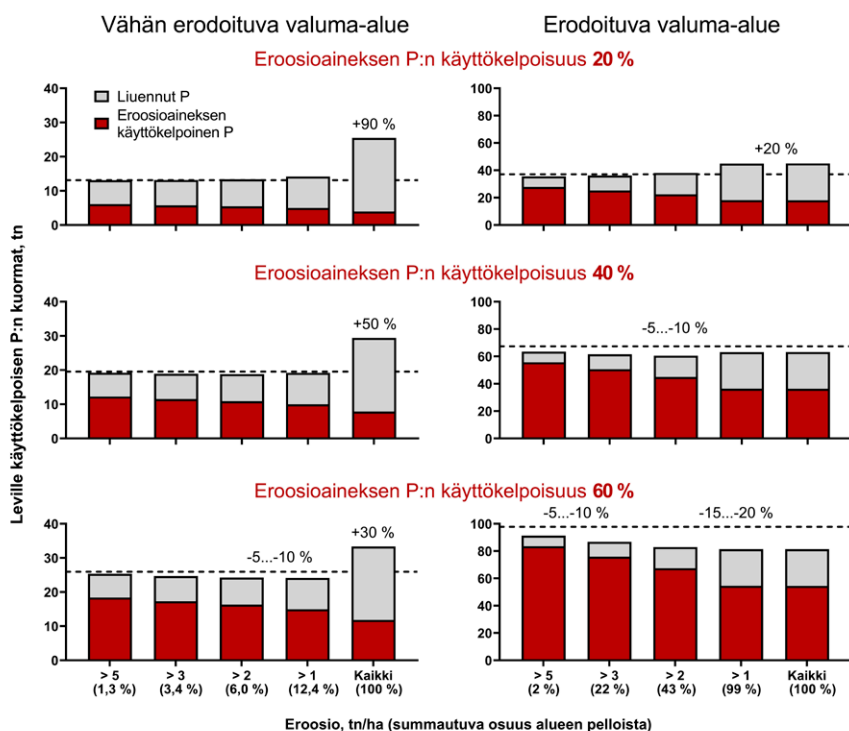


Fosforin kokonaiskuorman jakaminen liuenneeseen ja eroosioainesfosforin kuormiin auttaa hahmottamaan maatalouden vesiensuojelun vaikutuksia ja rajoitteita. Jos keskityisimme kuormituksen keskeiseen seuraukseen, vesien rehevöitymiseen, joutuisimme kuitenkin kysymään yhden jatkokysymyksen: kuinka suuri on eroosioaineen mukana kulkevan fosforin rehevöittävä vaikutus?

Maa-aineen sisältämän fosforin rehevöittävää potentiaalia on tutkittu puoli vuosisataa. Eri tutkimusten menetelmät ovat olleet vaihtelevia ja osin sen vuoksi arvioiden vaihtelu on ollut kohtalaisen suuri. Suurin osa tutkijoista on kuitenkin päätenyt siihen, että suuruusluokaltaan 20–60 % eroosioaineen fosforista voi vapautua liuenneeseen muotoon, eli ruokkia rehevöitymistä.

Jos eroosioaineen rehevöittävä vaikutus on pieni, eroosion torjunta ei ole vaikuttava vesiensuojelukeino (ainakaan rehevöitymistä estämään). Toisin päin, eroosioaineen suuret rehevöittävät vaikutukset puoltaisivat eroosion torjunnan merkitystä vesiensuojelussa. Jatketaan edellisten valuma-alueiden parissa ja lasketaan, kuinka rehevöittävä fosforikuorma kehittyy alueilla, kun eroosioaineesta voi vapautua rehevöittävään muotoon 20, 40 tai 60 % maa-aineen sisältämästä fosforista (Kuvio 4.6). Eroosion torjuntaa sovelletaan jälleen lisäämällä suorakylvöalaa aloittamalla runsaimmin eroosiota tuottavilta lohkoilta.

**Kuvio 4.6.** Eroosiontorjuntatoimien laajuuden ja kohdistamisen vaikutus vähän erodoituvalla (vasen palsta) ja erodoituvalla valuma-alueella (oikea palsta), kun eroosioaineksen fosforin käyttökelpoisuus otetaan huomioon. Muut lähtöoletukset ja merkinnät ovat samat kuin edellisessä kuviossa.



Vähän erodoituvalla valuma-alueella A suorakylvön tukemisella ei saavuteta merkittäviä hyötyjä rehevöitymisen estämisessä käytännössä koskaan. Hyvin laajalti toteutettuna se päinvastoin voi lisätä rehevöittävää fosforikuormaa. Edes eroosioherkällä alueella B ei päästä lähellekään rehevöittävän kuorman puolittamista. Parhaimmillaan saavutetaan korkeintaan viidenneksen vähenemä rehevöittävässä kuormassa, jos eroosioaineksen fosforin käyttökelpoisuus olisi 60 %. Jos maa-ainesfosforin käyttökelpoisuus vesistöissä on vain 20 %, vähenemä kääntyy samansuuruiseksi rehevöittävän kuorman kasvuksi.

Eroosiontorjuntaan rehevöittävän fosforikuorman vähentäjänä liittyy siis suuria epävarmuuksia. Osaa ei-toivottuista vaikutuksista voidaan todennäköisesti lieventää, esimerkiksi suorakylvön kohdalla ajoittaisella kynnöllä, joka purkaa fosforin kerrostumisen. Erilaisen kasvipeitteiden vaikutukset fosforin kerrostumiseen voivat olla erilaisia kuin yllä on kuvattu, ja lisätieto asiasta olisi tarpeen.

Rehevöittävän kuorman osalta kasvintuotannon kannalta tarpeettoman suurien maan P-lukujen laskeminen on vesiensuojelukeinona varmatoiminen, mutta hyvin

hidasvaikutteinen. Tämän tavoitteen pitäminen mukana vesiensuojeluohjelmissa on kuitenkin tärkeää.

## 4.4 Yhteenveto hankkeiden tuloksista

Orgaaninen aines on merkittävä tekijä sadon muodostuksen kannalta, minkä todistivat useat tämän osa-alueen hankkeista. Saveksen ja orgaanisen aineksen määrän suhde vaikuttaa satoon, eroosioon ja typpilannoitustarpeeseen. Maan hyvä kasvukunto ehkäisee orgaanisen aineksen häviämistä maasta. Muokkausta vähentämällä ja pitämällä viljelysmaa kasvipeitteisenä voidaan vähentää orgaanisen aineksen häviämistä ilmaan ja vesiin. Eniten orgaanista hiiltä kulkeutuu vesiin turvemailta. Maan orgaanisen aineksen määrää voidaan nostaa myös aluskasveja viljelemällä tai lisäämällä maahan orgaanisia materiaaleja. Kasvihuonekaasuinventariota voidaan parantaa, esimerkkeinä juurten hitaamman hajoamisen huomioon ottaminen mallinnuksessa sekä tilastoitujen toimien, kuten kerääjäkasvien ja maanparannusaineiden käytön, lisääminen nykyisiin arvioihin.

Peltojen ojituksen kunnolla ja vesitaloudella on suuri vaikutus sadon määrään. Vaikutukset ravinnetaseisiin eivät kuitenkaan olleet yhtä suuret typen osalta, koska hyvin tuottavia maita myös lannoitettiin enemmän, mistä voidaan päätellä, että viljelijöillä oli hyvä käsitys peltolohkojensa satopotentialista. Parempituottoisilla mailla fosforiluvut ovat yleensä korkeammat ja niiden lannoitus on hieman vähäisempää, ja tästä syystä fosforitaseet ovat huonompituottoisia maita alemmat, mikä ohjaa korkeampien fosforilukujen laskuun pitkällä aikavälillä. Riittävällä kalkituksella nähtiin selvä yhteys saavutettuihin satoihin. Myös viljelijät näkivät puutteellisen kalkituksen useita peltolohkojansa vaivaavana ongelmana peltomaan laatutestin tulosten perusteella. Peltojen vesitaloudessa esiintyneet ongelmat kytkeytyivät enemmän vuokrapeltoihin kuin viljelijän omistuksessa oleviin peltoihin.

Typpilannoitus vaikuttaa merkittävästi sadon muodostukseen ja on tärkein typpitaseeseen vaikuttava tekijä. Typpitaseiden parempaa tulkintaa ja typpilannoituksen taloudellista optimointia varten luotiin viljelijä- ja neuvojakäyttöön työkalu, joka myös ohjaa käyttäjää tarvittaviin toimenpiteisiin, jos typpitaseet ovat vertailutasoonsa nähden korkeita. Tällöin typpilannoitus voi olla liian suurta tai viljeltävällä loholla on jokin sadon muodostumista vähentävä tekijä kuten ongelmia maan rakenteessa tai vesitaloudessa. Kevätviljojen typpilannoituksen tarkentamiseksi olisi hyvä selvittää peltolohkoilta ilman lannoitusta saatava sato, sillä sen ja aikaisemmin saavutetun satotason avulla typpilannoitustarpeen ennustaminen onnistuu paremmin kullekin peltolohkolle. Tietyissä tapauksissa typpilannoitus vaikuttaa myös rikkakasvien esiintymiseen ja nurmikasvien kivennäisainekoostumukseen.

Kasvinsuojelulla on merkittävä vaikutus sadon määrään ja samalla suoraan myös ravinnetaseisiin. Jos kasvinsuojelusta ei lainkaan huolehdi, voivat satotappiot olla hyvinkin

merkittäviä ja pahimmissa tapauksissa sato voidaan kokonaan menettää. Kasvinsuojelu ei tarkoita ainoastaan kasvinsuojeluaineiden käyttöä, vaan myös viljelytoimia, jotka edistävät kasvin terveyttä. Tutkimuksissa havaittiin tiettyjen hivenravinteiden parantavan kasvien taudinkestävyyttä. Tuloksia saatiin myös siitä, että tautipainetta voitaisiin hillitä kasvinvuorotuksella ja maan muokkausta keventämällä.

Suomessa on laajasti toteutettu peltojen talviaikaista kasvipeitteisyyttä (mukaan lukien kevennetysti muokatut ja suorakylvetyt maat), mikä on tarkoittanut myös pitkäaikaista kynnön poisjääntiä suurelta osalta pinta-alasta. Kynnön muokkauskerrosta sekoittavan vaikutuksen poisjäännistä on seurannut fosforin kerrostumista maan pintakerrokseen, mikä on lisännyt leville välittömästi käyttökelpoisen liukoisen fosforin huuhtoutumista vesiin. Kasvipeitteisyys on vähentänyt eroosiota ja maa-ainekseen sitoutuneen fosforin kulkeutumista vesistöihin. Kuitenkin vain osa maa-aineksen kuljettamasta fosforista vapautuu vesistöissä leville käyttökelpoiseen muotoon. Leville käyttökelpoisen fosforin määrittämiseksi ei ole rutiinimenetelmää, mikä vaikeuttaa arvioiden tekemistä toimenpiteiden vaikutuksesta vesistöjä rehevöittävän fosforin huuhtoumiin. Malleissa voidaan kuitenkin käyttää arvioita maa-aineksen leville käyttökelpoisen fosforin osuudesta. Malliarvioiden mukaan eroosion torjuntatoimenpiteitä tulisi kohdentaa eroosioherkille maille, joiden maa-aineksesta vapautuu runsaasti leville käyttökelpoista fosforia. Laajamittainen eroosion torjuntatoimien käyttö voi jopa johtaa vesiä rehevöittävän fosforikuorman kasvuun, mutta laskelmiin sisältyy paljon epävarmuutta ja uuden tiedon tarvetta. Varmimpana, mutta pitkällä aikajänteellä vaikuttavana, toimenpiteenä vähentää vesien rehevöitymistä lisäävää fosforikuormaa nähdään fosforilukujen lasku tasolle, jolla fosforilannoitus antaa satovastetta.

Ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan tulevaisuuden viljelyyn merkittävästi. Peltojen kasvukunnolla, viljelytoimenpiteillä ja toimenpiteiden kohdentamisella tulee olemaan entistä suurempi vaikutus viljelyn onnistumisen, sadon määrän ja laadun sekä viljelystä aiheutuvien päästöjen kannalta.

## 4.5 Tulosten hyödyntäminen päätöksenteossa

Hankkeet tuottivat runsaasti uutta tietoa viljelyn kehittämiseksi ja tietoa ohjauskeinoista aikaisempaa kestävämmän viljelyn saavuttamiseksi. Hankkeiden tuottamat suositukset ja ohjauskeinot esitetään alla eri aihealueisiin ryhmiteltynä.

Peltojen perusparannukset:

- Kalkitus ja toimiva pellon vesitalous vaikuttavat merkittävästi peltojen sadontuottokykyyn.



- Tarvittavien ojitusinvestointien toteuttamisen varmistamiseksi investointituki on tarpeen myös jatkossa.
- Politiikkaohjauksen tueksi tuotettiin tietoa ongelmalohkoista ja vastaavasti ravinnetaseiltaan hyvistä lohkoista sekä pellonvuokrauksen vaikutuksista. Eri-tyisesti ojituksen tilaan heikkosatoisilla lohkoilla tarvitaan välittömiä toimenpiteitä, jos peltoa aiotaan käyttää sadontuotantoon myös tulevaisuudessa.

#### Peltomaan hiili:

- ”4/1000 -aloite” toi esiin, että vain neljän promillen nousu pintamaan hiilivarastossa vuosittain torjui merkittävästi hiilidioksidipitoisuuden nousua ilmakehässä. Neljän promillen hiilivaraston kasvuun lähtötasosta voidaan osalla pelloista päästä jopa kohtuullisilla orgaanisten aineiden levitysmäärillä. Koska peltomaan aiempi korkea hiilipitoisuus rajoittaa hiilen kerryttämistä, vaikutusten näkyminen Suomen tasolla vaatii kuitenkin materiaalien nykyistä tasaisempaa alueellista jakautumista ja taloudellisia mahdollisuuksia käyttää maatalouden ulkopuolisia materiaaleja.
- Orgaanisten materiaalien prosessointi ei välttämättä vähennä niiden kykyä nostaa maaperän hiilipitoisuutta, mikä kannustaa esim. lannan energiakäyttöön.
- Viljelijöiden kannattaa kasvattaa peltojen hiilisyötettä, koska hiilivarastojen kasvulla on hyviä vaikutuksia sekä ilmastoon että maaperän laatuun ja satoihin.
- Tulokset mahdollistavat kasvihuonekaasuinventaarion parantamisen, esimerkkeinä juurten hitaamman hajoamisen huomioon ottamisen mallinnuksessa sekä tilastoitujen toimien, kuten kerääjäkasvien ja maanparannus-aineiden käytön lisäämisen nykyisiin arvioihin. Tuloksiin jää kuitenkin iso epävarmuus joidenkin orgaanisten aineiden (tuore kasvimassa, metsäteollisuuden kuituliete) osalta.
- Riittävä ja tasapainoinen lannoitus pitää yllä satotasoa ja hiilisyötettä maahan.
- Karjanlanta on tärkeä hiilisyöte, mutta typen huuhtoutuminen voi sen myötä lisääntyä.
- Muokkauksen minimointi turvemailla (mm. nurmiviljely) ja eroosioherkillä kivennäismailla vähentää hiilen huuhtoutumista.
- Orgaanisen aineen määrityksen tarkentaminen aistinvaraisesta polttomenetelmiin lisää tietoa maan kasvukunnosta ja sen muutoksesta.

#### Lannoitus/Typpi:

- Typpitase huomioi satotason enimmäislannoitusrajoja paremmin. Jos typpitase on korkea, laskuri auttaa suuntaamaan toimenpiteitä ympäristömyönteiseen suuntaan. Ravinnetaseisiin perustuva ympäristöohjaus on mahdollista,

mutta se edellyttäisi myös tarkempaa sadon mittaamista. Satotason tarkka tunteminen (lohkon kokonaissato ja lohkon sisäinen vaihtelu) tulisi olla yksi tärkeimmistä tavoitteista peltoviljelyssä.

- Taloudellisesti optimaalisen typpilannoituksen arvioimiseksi olisi hyödyllistä tuntea myös ilman lannoitusta saavutettava satotaso. Viljelijöitä tulisivat kannustaa jättämään pelloille lannoittamattomia alueita ja mittaamaan niiden satotaso.

Fosforilannoitus ja kasvipeitteisyystoimenpiteen kohdentaminen:

- Eroosiontorjunta usean vuoden mittaisen kasvipeitteen avulla on tehokas toimi herkästi erodoituvilla mailla. Pitempiaikainen kasvipeitteisyys kuitenkin kasvattaa liuenneen fosforin huuhtoumaa, mikä tulee ottaa huomioon siinä, millaisille mailla pitkäaikaista kasvipeitteisyyttä pyritään kohdentamaan. Kuvaus fosforin kerrostumisesta ja sen vaikutuksista olisi sisällytettävä päätöksenteon tukena oleviin malleihin.
- Maan P-luku vaikuttaa suoraan liuenneen fosforin kuormaan. Muokkaamattomilla mailla liuenneen fosforin pitoisuutta valumavesissä säätelee muutaman senttimetrin vahvuisen pintakerroksen P-luku. Ajoittainen kyntö tasoittaa fosforin kerrostuneisuuden kyntökerroksessa. Kaikissa muokkausvaihtoehdoissa sadontuoton kannalta tarpeettoman korkeiden P-lukujen osuutta olisi saatava edelleen vähennettyä. Tämän tavoitteen pitäminen mukana vesien-suojeluohjelmissa on tärkeää.
- Myös sillä on vaikutusta, millainen eroosioaineksen fosforin käyttökelpoisuus on. Tämä on hankala asia, koska rutiinianalyysiin soveltuvaa menetelmää ei ole käytössä. Jos rehevöittävää kuormaa halutaan arvioida, jonkinlainen arvio käyttökelpoisuudesta kuitenkin tarvitaan. Mallinuksissa voidaan lähteä vaihteluvälistä, jossa maa-ainesfosforin käyttökelpoisuudeksi asetetaan 20 ja 60 %. Jo näin karkea arvio antaa kuvan siitä, kuinka merkittäviä rehevöittävän fosforikuorman vähenemisiä eroosiontorjunnalla on saavutettavissa.

Kasvinsuojelu:

- Viljelykasvit, joiden kasvua rikkakasvit, kasvitaudit tai tuhoeläimet eivät rajoita, hyödyntävät tehokkaasti niille annetut ravinteet ja tuottavat suuremman ja laadukkaamman sadon. Rikkakasvien torjunta vapauttaa ravinteita viljelykasvien käyttöön. Kasvinterveyden ympäristövaikutus on merkittävä viljoilla ja nurmikasveilla suuren viljelypinta-alan vuoksi.
- Tarpeenmukainen, onnistunut kasvinsuojelu varmistaa viljelykasvuston kunnon ja ravinteiden käytön ja vähentää siten ravinteiden huuhtoutumisriskiä.

- Kevennetyn muokkauksen ja monipuolisen viljelykierron kerryttämä pinta-maan runsas mikrobisto voi luontaisesti edistää kasvinterveyttä tukahdutta-malla maalevintäisiä taudinaiheuttajia.
- Kasvin käytettävissä olevat pää- ja hivenravinteet voivat vaikuttaa kasvin ja rehua käyttävän eläimen terveyteen.
- Kasvinravinteiden tasapainoinen saanti on osa kokonaisvaltaista kasvin-suojelua, jolla kasvintuhoojien aiheuttamia riskejä voidaan vähentää, mutta tämä ei korvaa muita kasvinsuojelun osa-alueita.
- Tilanteissa, joissa ennakoivia tai viljelytekniisiä torjuntakeinoja ei ole käytettävissä tai niiden teho ei ole riittävä, kasvinsuojeluaineiden käyttö on perusteltua.
- Tarvitaan kannustavia toimia kasvukaudenaikaista torjuntatarvetta ennusta-vien työkalujen (kynnysarvot, ennustemallit) käyttöön ja kasvintuhoojatiedon välittämiseen viljelijöiden keskuudessa sekä tiedon tallentamiseen omaan ja kansalliseen tuhoajatietokantaan.
- Viljelijän satotason ja ravinteiden käytön tavoite olisi kytkettävä kasvinsuojelusuunnitelmaan.

## 4.6 Jatkotutkimustarpeet

- Kaikkien viljelykasvien typpi- ja fosforilannoituksen vastemallit tulisi päivittää ja koota yhteen.
- Tärkeimpien viljelykasvien osalta tulisi harkita monivuotisten typpilannoitus-kokeiden perustamista. Typpilannoituskokeita on tehty viime vuosina hyvin vähän, vaikka mm. viljeltävät lajikkeet ja viljelytekniikka ovat kehittyneet ja ilmasto muuttunut.
- Typpilaskuria tulisi kehittää edelleen luomuviljelyyn soveltuvaksi, huomioiden muut typpilähteet kuin väkilannoite. Lisäksi keväällä maassa kasveille käyttö-kelpoisen typpimäärän ennustamista dynaamisesti tulisi laskurissa kehittää.
- Fosforilaskuria tulee kehittää ja viljavuustutkimuksen tulkintaa modernisoida.
- Hiilen maahan sitomisen vaikutusta muiden ravinteiden sitoutumiseen maahan, mm. hiili-fosfori, tulisi tutkia.
- Maa-aineksen rehevöittävän fosforijakeen arviointia tulisi parantaa ja rutiinikäyttöön soveltuva menetelmä kehittää.
- Kosteikkoviljelyn vaikutusta vesistö- ja ilmapäästöihin pitäisi tutkia Suomen olosuhteissa.
- Millä tavoin orgaanisen aineksen laatu vaikuttaa sen toiminnallisuuteen maassa?

- Onko kasvinterveyden ja eri kasvitautien välillä enemmän yhteyksiä? Manganin ja *Fusariumin* välinen yhteys on havaittu.
- Kuinka paljon mikrobit vaikuttavat kasvin terveyteen ja ravinteidenottoon, millainen on hyvin tuottavan maan mikrobisto?
- Kasvinterveyttä tulisi kehittää kokonaisvaltaisesti. Kuinka suuret mahdollisuudet monimuotoisuudella ja uusilla ei-kemiallisilla keinoilla on torjua kasvintuhojia?
- Integroidun kasvinsuojelun mukaisia kasvinsuojelutoimenpiteitä pitäisi kehittää.
- Kemiallisten kasvinsuojeluvalmisteiden riskejä tulisi arvioida.

## 4.7 Kirjallisuus

- Hartikainen, H (1992) Maaperä. Heinonen, R. Hartikainen, H., Aura, E., Jaakkola, A. & Kemppainen, E. (toim.). Maa, viljely ja ympäristö. WSOY, Porvoo. s. 9-89.
- Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V., Regina, K. (2013) Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974 -2009. *Global Change Biology* 19: 1456-1469. doi: 10.1111/gcb.12137
- Heikkinen J., Ketoja E., Seppänen L., Luostarinen S., Fritze H., Pennanen T., Peltoniemi K., Velmala S., Hanajik P. & Regina K. (2021) Chemical composition controls the decomposition of organic amendments and influences the microbial community structure in agricultural soils. *Carbon Management*. doi: 10.1080/17583004.2021.1947386
- Jalli, M., Huusela-Veistola, E., Rajala, A., Jalli, H., Ruuttunen, P., Palosuo, T., Virkajärvi, P., Niemeläinen, O., Järvenranta, K., Hautsalo, J., Palojarvi, A., Laine, A. & Kaseva, J. (2019) Terve satokasvi – parempi ravinteiden hyödyntäminen. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 72/2019. 32 s.
- Kauppi, K., Rajala, A., Huusela, E., Kaseva, J., Ruuttunen, P., Jalli, H., Alakukku, L. & Jalli, M. (2021) Impact of pests on cereal grain and nutrient yield in boreal growing conditions. *Agronomy* 2021, 11, 592. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030592>
- Kurki, M. (1982) Suomen peltojen viljavuudesta III. Viljavuuspalvelu Oy, Helsinki. 181 s.
- Myyrä, S., Ketoja, E., Yli-Halla, M. & Pietola, K. (2005) Land improvements under land tenure insecurity: the case of pH and phosphate in Finland. *Land Economics* 81: 557-569.
- Ovaska, S., Liski, E., Äijö, H., Häggblom, O., Paasonen-Kivekäs, M. (2021) Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä. *Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote* nro 36. 94 s.
- Regina, K. (2019) Maanparannusaineiden hiilivarastovaikutusten mallinnus (MAHTAVA). Tekninen loppuraportti. 22 s.
- Salo, T., Keskinen, R., Soinne, H., Nuutinen, V., Turtola, E., Rätty, M., Kanerva, S., Simojoki, A., Sihvonen, M., Pihlainen, S., Hyytiäinen, K., Cano Bernal, J., Kortelainen, P. & Rankinen, K. (2019) Orgaaninen aines maaperän tuottokyvyn kulmakivenä, ORANKI, Loppuraportti. 15 s.
- Sihvonen, M., Pihlainen, S., Tin-Yu, L., Salo, T. & Hyytiäinen, K. (2021) Crop production, water pollution, or climate change mitigation – Which drives socially optimal fertilization management most? *Agricultural Systems* 186: 102985 <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102985>
- Soinne, H., Keskinen, R., Rätty, M., Kanerva, S., Turtola, E., Kaseva, J., Nuutinen, V., Simojoki, A. & Salo, T. (2020) Soil organic carbon and clay content as deciding factors for net nitrogen mineralization and cereal yields in boreal mineral soils. *European Journal of Soil Science*. 2020: 1–16. <https://doi.org/10.1111/ejss.13003>
- Turtola, E., Salo, T., Miettinen, A., Iho, A., Valkama, E., Rankinen, K., Virkajärvi, P., Tuomisto, J., Sipilä, A., Muurinen, S., Turakainen, M., Lemola, R., Jauhiainen, L., Uusitalo, R., Grönroos, J., Mylly, M., Heikkinen, J., Merilä, S., Cano Bernal, J., Savela, P., Kartio, M., Salopelto, J., Finér, A. & Jaakkola, M. (2017) Hyötyä taseista: Ravinnetaseiden tulkinta ympäristön ja viljelyn hyödyksi. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 15/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 70 s.
- Turtola, E., Salo, T., Miettinen, A., Jauhiainen, L., Kaseva, J., Ketoja, E., Valkama, E., Heinimäki, T., Alhainen, V., Peltonen, S., Savela, P., Isolahti, M. & Heikkinen, J. (2020a) Ravinnetaseilla typpitalous kuntoon (Typpitaselaskuri). Hankkeen loppuraportti 7 s.
- Turtola, E., Salo, T., Miettinen, A., Jauhiainen, L., Kaseva, J., Ketoja, E., Valkama, E., Savela, P., Peltonen, S., Heikkinen, J., Isolahti, M., Rajala, A., Alhainen, V. & Heinimäki, T.J. (2020b) Typpitaselaskurin käyttöohje. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 67/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 37 s.

- Uusitalo, R. & Aura, E. (2005) A rainfall simulation study on the relationships between soil test P versus dissolved and potentially bioavailable particulate phosphorus forms in runoff. *Agricultural and Food Science* 14: 335-345.
- Uusitalo, R., Lemola, R. & Turtola, E. (2018) Surface and subsurface phosphorus discharge from a clay soil in a nine-year study comparing no-till and plowing. *Journal of Environmental Quality* 47: 1478-1486. doi:10.2134/jeq2018.06.0242
- Withers, P.J.A, P.A. Vadas, R. Uusitalo, K.J. Forber, M. Hart, R.H. Foy, A. Delgado, W. Dougherty, H. Lilja, L.L. Burkitt, G.H. Rubæk, D. Pote, K. Barlow, S. Rothwell & P.R. Owens (2019) A Global Perspective on Integrated Strategies to Manage Soil Phosphorus Status for Eutrophication Control without Limiting Land Productivity. *Journal of Environmental Quality* 48: 1234–1246.

## 5 Kiertotalous: hiilen ja ravinteiden kierto sekä energiatehokkuus osana kestävää maataloutta

*Sirkka Tattari, Jari Koskiahho, Markku Puustinen, Petri Kapuinen, Priit Tammeorg & Jyrki Kataja*

### 5.1 Johdanto

Suomessa maataloudesta aiheutuu suurimmat fosforin ja typen päästöt vesistöihin; selvästi yli puolet ihmisen aiheuttamasta ravinnekuormituksesta. Maatalouden vesistökuormituksen pienentämismahdollisuuksia tarkasteltaessa tulee nykyistä enemmän huomioida kuormitukseen vaikuttavien tekijöiden rooleja. Vuosisadannasta kuivatusvesinä poistettavan valunnan määrä ja valunnan pitoisuudet ovat vuosikuormituksen ja kuormitusvaihtelun keskiössä. Toinen näistä (vuosisadanta) on luonteeltaan luonnollinen tekijä, johon ei voida ihmisen toimenpiteillä vaikuttaa ja toinen (pitoisuus) on puolestaan maan käyttöön liittyvä tekijä. Maankäytön vaikutuksia voidaan edelleen tarkastella siitä näkökulmasta, mihin ihmistoimin voi ja mihin ei voi vaikuttaa. Tarkastelukulmaksi siten lopulta jää, miten eri toimenpiteet vaikuttavat valunnan kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksiin valuma-alueilla. Tämä on lähtökohtana, kun maatalouden yksikkökuormitusta (kg/ha/v) alennetaan valunnan pitoisuuksia alentamalla. Toinen tapa alentaa kuormitusta on puuttua maankäyttöön poistamalla merkittävä määrä peltoalaa tuotannon ulkopuolelle.

Kiertotalous maataloilla tarkoittaa mm. ravinteiden kierrätystä, erilaisten sivuvirtojen hyödyntämistä, maaperän kunnosta huolehtimista, uusiutuvan energian tuotantoa sekä energiatehokkuutta. Maatalous on yksittäisistä toimialoista suurin fosforin ja typen käyttäjä ja myös kierrättäjä ja näitä ravinteita käytetään eniten kasvintuotannossa lannoitteina. Sieltä ne siirtyvät kotieläinten ruokinnan ja elintarvikkeiden kautta kotieläinten lantaan sekä yhdyskuntien jätevesilietteisiin ja biojätteisiin. Näistä lannan osuus on selvästi suurin, 75 %. Ravinteiden tehokas kierrätys vähentäisi tarvetta käyttää perinteisiä epäorgaanisia lannoitteita ja parantaisi sekä ravinteiden käytön ympäristöllistä kestävyyttä että Suomen elintarviketuotannon huoltovarmuutta.

Kierrätykseen sopivat ravinnepitoiset materiaalit sisältävät usein myös orgaanista ainesta, joka parantaa maan kasvukuntoa (Heikkinen ym. 2013). Ravinteet kiertävät maatalouden lisäksi muillakin toimialoilla ja niiden välillä, joten on tärkeää tehostaa ravinteiden kierrätystä myös muilla sektoreilla. Esimerkiksi typenpoistossa syntyvän ammoniakkihiiliväyksen

ja ammoniumsulfaatin palauttaminen maatalouteen on usein kallista ja hankalaa, mutta näille on olemassa teollista käyttöä.

Maanparannusaineisiin kuuluvien kierrätyslannoitevalmisteiden käytön laajenemista hidastavat edelleen hinta-laatusuhteeltaan edulliset mineraalilannoitteet. Esimerkiksi typen hyväksikäyttö on kierrätyslannoitevalmisteilla huonompaa kuin rakeisilla mineraalilannoitteilla. Kierrätyslannoitevalmisteiden raaka-aineina käytetään monenlaisia biomassoja, joita saadaan esimerkiksi kotieläinten lannasta, elintarviketuotannon ketjusta ja metsäteollisuuden sivuvirroista. Kierrätyslannoitteiden hyödyntämiseen liittyy kuitenkin vielä paljon avoimia kysymyksiä, joita ovat mm.:

- lannoitteiden puhtaus ja laatu
- lannan sisältämät ravinteet ja niiden olomuoto
- lannan sisältämä orgaaninen aines
- kustannustehokkuus
- vesistövaikutukset

Kierrätyslannoitevalmisteet eroavat toisistaan monella tavalla. Esimerkiksi orgaanisen aineksen määrä ja myös eri lannoitteiden sisältämät ravinteet vaihtelevat paljon. Toisinaan nämä maanparannusaineiksi luokiteltavat lannoitevalmisteet sisältävät ravinteita niin suurina pitoisuuksina, että ne rajoittavat levitysmääriä siinä määrin, että maanparannusvaikutus jää vähäiseksi. Lannoitteen sisältämä tyyppi voi olla joko liukoisena tai sitoutuneena orgaaniseen ainekseen. Käytännössä kierrätyslannoitteiden sisältämät ravinteet ovat usein orgaanisessa muodossa ja siten hitaammin kasvien hyödynnettävissä kuin epäorgaanisten keinolannoitteiden.

Mikäli ravinteita, joko kierrätys- tai keinolannoitteiden muodossa annostellaan yli kasvien tarpeen, ravinteiden huuhtoutumisen riski kasvaa. Teollisia mineraalilannoitteita käytettäessä optimaalisen lannoitusmäärän arvioiminen ja levittäminen peltoon on yleensä helpompaa. Käytännössä kierrätyslannoitteita käytettäessä riittävän lannoitusvaikutuksen saamiseksi tarvitaan usein täydennyslannoitusta keinolannoitteella. Jotta kustannukset pysyisivät järkevällä tasolla, samoja lannoitteiden levitystekniikkoja ja -laitteita pitäisi voida käyttää niin kierrätys- kuin keinolannoitteenkin levitykseen samanaikaisesti ilman ylimääraisiä ajokertoja.

Politiikka ja hallinto ovat keskeisessä asemassa, kun tavoitteena on lisätä kiertotaloutta maatalous- ja jätevesisektorilla. EU:n kiertotalouspaketti hyväksyttiin vuonna 2018, mutta edelleen suurin osa EU:n politiikoista ja määräyksistä nojaavat talousjärjestelmään, joka perustuu materiaalien kuluttamiseen ja niiden hylkäämiseen käytön jälkeen. On syytä kysyä, olisiko tarvetta muuttaa lainsäädäntöä siten, että tukipolitiikka edistäisi tehokkaammin kierrätystä? Veropolitiikalla on myös vaikutusta. Louhitulle fosforille asetettu

vero voisi osaltaan tasapainottaa keinolannoitteiden ja kierrätyslannoitteiden hinta-eroa. Kierrätysravinteet ovat edelleen ns. kehittyviä markkinoita, joissa on paljon epävarmuustekijöitä. Tästä syystä olisi niiden osalta tarvetta sekä uusille määräyksille että standardointikriteereille.

Tietolaatikossa 5.1 on esitetty hankkeet, joiden tuloksia esitellään kootusti seuraavissa kappaleissa.

**Tietolaatikko 5.1.** Ravinteiden ja hiilen kiertoon sekä energiatehokkuuteen osana kestävästä maataloudesta keskittyneet hankkeet.

#### **Teeman hankkeet:**

- **Ravinteiden kierrätys alkutuotannossa ja sen vaikutukset vesien tilaan (KiertoVesi)**, Markku Puustinen & Sirkka Tattari, Suomen ympäristökeskus, 2016–2019, (MMM, MAKERA)
- **Toimivat työkalut vesistövaikutusten ja ravinteiden kierrätyksen kustannustehokkaaseen hallintaan (TOIMI)**, Olli Malve, Suomen ympäristökeskus, 2016–2017, (VN TEAS)
- **Nestemäisten kierrätysravinteiden käyttö maataloudessa (NESTERAVINNE)**, Petri Kapuinen, Luonnonvarakeskus, 2017–2019 (YM, RAKI2)
- **Pyrolyysituotteet lietaluston ravinnearvon turvaajina (PYSTI)**, Riikka Keskinen, Luonnonvarakeskus, 2018–2020 (YM, RAKI2)
- **Hyvän sadon kierrätyslannoitus (HYKERRYYS 2)**, Priit Tammeorg, Helsingin yliopisto, 2019–2020 (YM, RAKI2)
- **Kuitulietettä peltoon ravinteiden välittäjäksi syksystä seuraavalle kasvukaudelle (PELTOKUITU)**, Petri Kapuinen, Luonnonvarakeskus, 2018–2020 (YM, RAKI2)
- **Energiantuotannon ja -käytön tulevaisuus maatiloilla (eTU)**, Jyrki Kataja, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, 2018–2020 (MMM, MAKERA)



## 5.2 Hankkeissa tarkastellut ongelmat

Hankkeet voidaan sisällön perusteella jakaa neljään teemaan. KiertoVesi-hankkeessa tarkastellaan ravinteiden kierrätystä alkutuotannossa ja sen vaikutuksia vesien tilaan. TOIMI-hankkeessa käydään läpi työkaluja vesistövaikutusten ja ravinteiden kierrätyksen kustannustehokkaaseen hallintaan. NESTERAVINNE, PYSTI, HYKERRYYS ja PELTOKUITU tutkivat erilaisten kierrätyslannoitevalmisteiden ja sivuvirtojen hyödyntämisen vaikutuksia satoon, maaperän kuntoon ja kehittivät menetelmiä niiden käyttöön. Hankkeessa eTU puolestaan tutkitaan, miten eri sähkön- ja lämmöntuotannon järjestelmien yhdistäminen voisi luoda mahdollisuuden taloudellisesti järkevälle tavalle tuottaa energiaa maaseutualueilla/maatiloilla.

Hankkeissa pyrittiin löytämään vastauksia Taulukossa 5.1 listattuihin kysymyksiin.

**Taulukko 5.1.** Hankkeiden keskeiset tutkimuskysymykset jaoteltuna neljään eri teemaan.

Vesistöt	Mallinnus	Kierrätyslannoitevalmisteet	Energiatehokkuus
KiertoVesi	TOIMI	Nesteravinne, Pysti, Hykerrys, Peltokuitu	eTU
Arvioitiin jo tehtyjen ja suunnittelujen Vesienhoitosuunnitelmien (VHS) toimenpiteiden vaikutusta ravinnehuuhtoumiin.	Koottiin maatalous- ja vesiensuojeluasiantuntijoiden kanssa yhteisesti hyväksytty, kokonaisvaltainen käsitys vesien- ja merenhoidon arviointi- ja mallinnusmenetelmistä.	Tutkittiin kierrätyslannoitevalmisteiden ja muiden vastaavien tuotteiden vaikutuksia maaperän rakenteeseen, viljelykasvien satoihin ja ravinnepäästöihin sekä maatilataloudelle verrattuna tavanomaisiin lannoitteisiin.	Tutkittiin, miten eri sähkön- ja lämmöntuotannon järjestelmien yhdistäminen loisi mahdollisuuden taloudellisesti järkevälle tavalle tuottaa energiaa maaseutualueilla/maatiloilla.
Selvitettiin lannan ja mineraalilannoitteiden ravinteiden vastaavuus erilaisissa lannan käyttötilanteissa.	Tuotettiin vesien- ja merenhoidon tarpeisiin vastaava malli ja arviointityökalujen kehityspolku.	Tutkittiin lannan kestävä käytön edistämistä ammoniakkipäästöjen hillitsemisen avulla.	Tutkittiin, miten voidaan ohjata sähkö- ja lämpökuormaa maatiloilla ja puutarhoilla sellaisilla alueilla, joissa yhdyskuntarakenne ja elinkeinotoiminnan määrä sen mahdollistaisivat jakeluverkkoja hyödyntäen.

Vesistöt	Mallinnus	Kierrätyslannoite- valmisteet	Energiätehokkuus
Arvioitiin, voidaan- ko systemaattisel- la hoitokalastuksella poistaa merkittävä määrä ravinteita ve- sistöistä ja verrattiin sitä maalla tehtäviin toimenpiteisiin.	Kartoitettiin mal- lintamiseen liittyviä seurannan ja tieto- järjestelmien kehit- tämistarpeita.	Edistettiin bio- ja kier- totaloutta selvittämäl- lä pyrolyysituotteiden käyttömahdollisuuksia maataloudessa.	
Arvioitiin eläintilojen rakennemuutoksen aiheuttamia uusia ympäristöpaineita, tarvittavia ohjauskei- noja ja muita kehittä- mistarpeita.	Luotiin kriteerit mal- lien käyttökelpoi- suuden arvioimiseksi ympäristötaloudel- listen analyysien te- kemisessä.		

## 5.3 Hankkeiden tulokset

### 5.3.1 Ravinteiden kierrätys alkutuotannossa ja sen vaikutukset vesien tilaan

**Ympäristökorvausjärjestelmän toimenpiteillä aikaansaatu kuormituksen aleneminen.** KiertoVesi-hankkeessa (Puustinen ym. 2019) sovellettiin VIHMA-mallia (Puustinen ym. 2010) koko maata ja neljää pilottialuetta koskien. Mallilla arvioitu koko maata-lousmaan vesistökuormitus nykytilanteessa perustui MAVI:n peltolohkorekisterin lähtötietoihin (tal-  
vikausi 2016–2017) ja vuoden 2017 viljelyalatietoihin. Kuormituk-sen lähtötaso, johon to-  
teutettujen toimenpiteiden vaikutuksia verrattiin, on kuormi-tusarvio ilman ympäristötoi-  
menpiteitä. Arvion mukaan Suomen koko peltoalalta tuleva fosforikuorma oli lähtötilan-  
teessa keskimäärin 2 666 tn ja typpikuorma 36 460 tn vuodessa. Pienten valuma-alueiden  
noin 30 vuotta kattavan aineiston perusteella fosforin kokonaiskuormitus on keskimäärin  
2 400–2 700 tn vuodessa ja typen 34 000–37 000 tn vuodessa (Tattari ym. 2017).

Ympäristökorvausjärjestelmän nykyisellä ohjelmakaudella (2014–2020) toteutetut toimen-  
piteet ovat VIHMA-arvion mukaan pienentäneet maatalousmaan partikkelimaisen fosforin  
kuormitusta 13 %. Muokkauksen keventyessä sekä talviaikaisen sängin ja suorakylvöalan  
laajentuessa liukoisen fosforin huuhtouma on kuitenkin kasvanut lähtötasostaan 7 %.  
Tästä johtuen kokonaisfosforin kuormituksen alenema jää 5 %:iin. Syksyllä kynnetyn pel-  
toalan pienentyessä puoleen kokonaistypen laskennallinen kuormitus on alentunut 13 %.

Tässä on huomattava se, että typpilannoitteiden käytön alenemisen mahdollinen vaikutus ei sisälly tähän tulokseen.

**Maatalouden ympäristötoimenpiteiden tehostamismahdollisuudet ja leutojen talvien vaikutus.** Maatalouden ympäristötoimenpiteiden tehostamismahdollisuuksien vaikutusten arvioimiseksi muodostettiin neljä vuoteen 2027 ulottuvaa skenaariota:

1. Kohdennettu VHS: Sama kuin EU:n Vesipuidedirektiivin edellyttämien vesienhoitosuunnitelmien (VHS) toimenpiteet, mutta muokausmenetelmiä on pyritty kohdentamaan kaltevilta pelloilta alkaen
2. VHS + kipsi: Sama kuin VHS, mutta lisäksi osalle savimaita on levitetty kipsiä kiintoaine-, PartP- ja DRP-kuormituksen vähentämiseksi
3. Kohdennettu VHS + kipsi: Kohdennettu VHS, mutta lisäksi osalle savimaita on levitetty kipsiä
4. Kohdennettu VHS ja alennettu P-luku: Kohdennettu VHS, jossa P-lukujen on oletettu laskevan vaiheittain alle 15 mg/l -> alle 10 mg/l

Skenaarioissa toimenpiteitä lisättiin asteittain ja kohdennettiin suunnitelmallisesti. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia hydrologiseen vuosivaihteluun ja sitä kautta kuormitukseen arvioitiin tekemällä skenaariot erikseen leudoille, keskimääräistä enemmän kuormittaville ja ”perinteisen” pakkastalven sisältäville, vähemmän kuormittaville vuosille.

Tulosten mukaan skenaariolla I saavutettaisiin koko maan tasolla noin 10 % kokonaisfosforikuormituksen alenema keskimääräisinä talvina. Leutoina talvina alenema jää alle 4 %:n. Kokonaistypen osalta ennuste on heikompi: mallisimuloinnin mukaan kuormitus jopa kasvaa. Kohdentamisskenaarioissa syyskyntöä on jätetty mahdollisimman paljon tasaisille pelloille ja kevennetyt muokkauksittelyt, sänki ja pysyvä nurmi sijoitettiin mahdollisimman laajalti kalteville pelloille.

Kipsin levitys (skenaariot II ja III) leikkasi Aurajoen ja Paimionjoen pilotialueilla kokonaisfosforin kuormitusta jopa yli 20 %. Koska sen käyttö soveltuu vain mereen laskevien joki-vesistöjen valuma-alueille, sen vaikutukset kokonaisfosforikuormitukseen koko maan tasolla olisivat vain korkeintaan 4 % luokkaa. Kipsikäsittelyn heikkoutena on vaikutusten lyhytaikaisuus (noin 5 v.) sekä se, että sillä ei ole vaikutusta typpikuormitukseen.

Erityisen tehokas keino eliminoida liukoisen fosforin huuhtoumien nousu kaikissa eroosiota vähentävissä vertailuissa on P-lukujen alentaminen. Jos P-luvut alennettaisiin kaikilla peltolohkoilla alle 15 mg/l:n, liukoisen fosforin kuormitus alenisi 21 %. Jos P-luvut alenisivat kaikilla lohkoilla alle 10 mg/l:n, liukoisen fosforin huuhtoutuminen alenisi nykytilasta jopa 30 %. Kokonaisfosfori alenisi näissä tilanteissa 18 % ja 23 %. Peltojen P-lukujen

aleneminen on kuitenkin hidasta, joten nämä luvut kuvaavat lähinnä sitä potentiaalia, joka olisi mahdollista saavuttaa noin 20 vuoden kuluessa.

KiertoVesi-hankkeessa arvioitiin myös VHS:issa esitettyjen lukumäärien mukaisesti pelto-alueille rakennettavilla kosteikoilla (koko maassa n. 3 000 kpl) saatavaa kuormituksen vähenemispotentiaalia. Arvion mukaan kosteikoilla olisi pilottialueesta riippuen mahdollista vähentää nykytilan kuormitusta 1–5 %. Koko maan osalta vaikutus jäisi tätäkin vaatimattomammaksi, koska kosteikkojen lukumäärä pinta-alaan suhteutettuna olisi pienempi kuin pilottialueilla keskimäärin.

Hydrologinen vuosivaihtelu sisältyy lähtökohtaisesti sekä pitkällä aikavälillä havaittuihin että tässä työssä VIHMA:lla arvioituihin keskimääriäisiin ominaiskuormituslukuihin. Ilmastonmuutos kasvattaa useimpien ennusteiden mukaan leutojen talvien esiintymistiheyttä. KiertoVesi-hankkeen VIHMA-skenaarioissa ilmastonmuutoksella tarkoitetaan leutojen talvien aiheuttamaa merkittävää kuormituslisää. Tällainen muutos on omiaan mitätöimään ympäristötoimenpiteillä saatuja hyötyjä, ellei siihen määrätietoisesti varauduta. Toimenpiteiden kohdentamisen jälkeen leutotalvisten, kuormittavien vuosien vaikutus jäisi kuitenkin merkittävästi pienemmäksi kuin ilman kohdentamista. VIHMA-tulosten mukaan siis kaltevilla, eroosioherkillä alueilla eroosioriskin pienentäminen toimisi hyvin myös leutojen talvien kuormittavissa sääoloissa.

Karjanlannan ja kierrätyslannoitevalmisteiden laajamittainen käyttö mineraalilannoitteiden korvaajina ei automaattisesti tarkoita valunnan pitoisuuksien alenemista, vaan on löydettävä tapauskohtainen kestävyystasapaino. Tätä varten tarvitaan entistä tarkempia, vesistökohtaisia kestävä kuormituksen raja-arvoja. Merkittävä peltoalan poistaminen vesisuojelukeinona voi olla perusteltua ainakin poikkeuksellisen kuormittuneilla vesistöalueilla. Laajana vesiensuojelutoimenpiteenä sen käyttö voi olla vain rajoitettua elintarviketuotannon tarpeen vuoksi. Joka tapauksessa muutokset ravinnekuormituksessa ovat hitaita, ja ainakin väliaikainen apu voi löytyä kipsistä, joka alentaa valunnan pitoisuuksia tehokkaasti.

Vesistökunnostustoimenpiteet voivat olla merkittävä pelloilla tehtäville toimille rinnakkainen toimenpide tukemaan maatalouden vesiensuojelua. Niiden ravinteidenpoistopotentiaali on verrattavissa maatalouden toimenpiteisiin. Jos ja kun maatalouden omat, suorat vaikutusmahdollisuudet loppuvat, on laaja-alainen vesistökunnostus ennen pitkää edessä oleva realiteetti.

**Skenaariot lannan fraktioinnin osalta.** KiertoVesi-hankkeen skenaarion ”Täyskierto: Kiertotalouden laaja-alainen soveltaminen” osana laadittiin lisälmen reitin pilottialueelle tilannekuva, jossa karjanlannan fosforin ja typen erotus onnistuu täydellisesti. Tämän ansiosta niiden käyttötapaa vastaa mineraalilannoitteiden käyttötapaa niin ravinnesuhteiden säätelyn, levityksen tarkkuuden ja ajoituksen kuin kuljetusmatkojenkin suhteen. Lisäksi

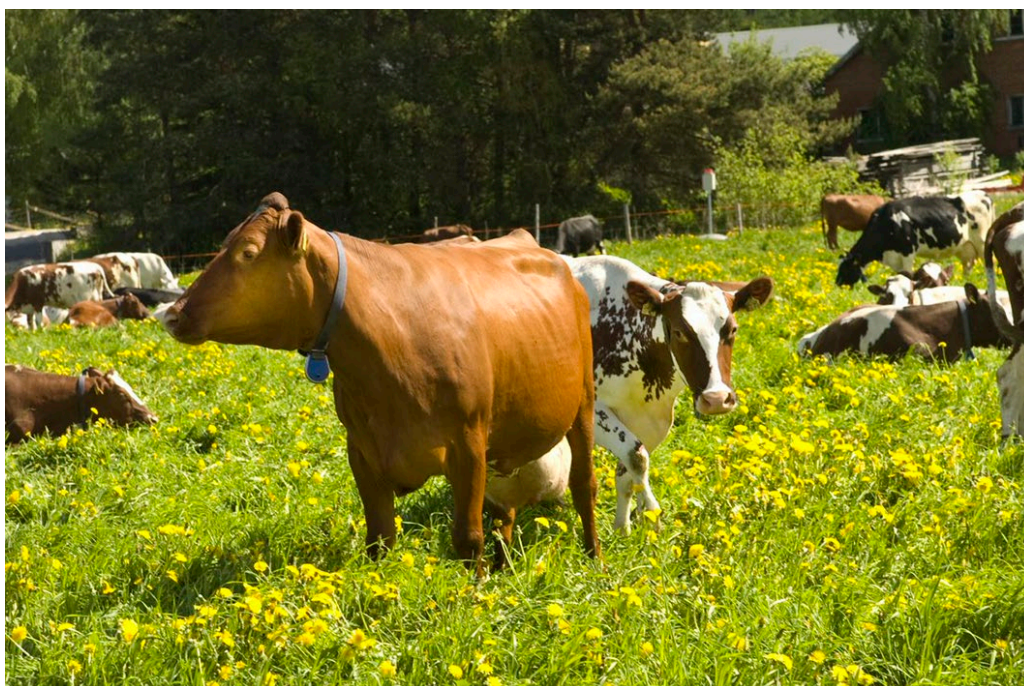
skenaariossa oletetaan, että ravinnejakeiden kuljetus ja varastointi ovat mahdollisia ja että eroteltujen lannan ravinteiden käytön aiheuttaman vesistökuormituksen laskenta vastaa vapailla ravinnesuhteilla tehtävää NPK-väkilannoituksen kuormitusta.

Skenaariossa arvioitiin, kuinka suuri hyöty fraktioinnista olisi mahdollista saavuttaa vesistön kannalta käyttäen KiertoVesi-hankkeessa kehitettyä NURMAP-tilamallia. Skenaario laskettiin kahden oletuksen perusteella:

1. Pohjois-Savon nurmialasta puolella siirrytään käyttämään karjanlannasta fraktioituja N- ja P-lannoitteita ja
2. Lannan sisältämä laskennallinen ylijäämäfosfori kuljetetaan alueelta esi-merkiksi muun Suomen kasvinviljelytiloille.

Tulokset osoittivat, että jos Pohjois-Savon nurmialasta puolella siirrytään käyttämään karjanlannasta fraktioituja N- ja P-lannoitteita ja karjanlannan ylijäämäfosfori (13 %) kuljetetaan muualle Suomeen, liukoisen fosforin huuhtouma vähenee heti 2,3 % ja kokonaisfosforin huuhtouma 1,7 %. Lisäksi P-luku laskee vähitellen vuosien aikana siten, että liukoisen fosforin kuormitus on lopulta 20 vuoden kuluttua 5,4 % ja kokonaisfosfori 3,8 % nykyistä pienempää.

**Kuva 5.1.** Liukoisen fosforin huuhtouma vähenee, kun nurmen viljelyssä siirrytään käyttämään karjanlannasta fraktioituja N- ja P-lannoitteita. (Kuva: SYKEkuvat)



Ylijäämäfosforin kuljettamista muualle Suomeen ei kuitenkaan voida pitää kestäväenä ratkaisuna. Jos skenaario (kaikki lietelanta fraktioidaan ja 13 prosentin ylijäämä kuljetetaan pois alueelta) toteutettaisiin koko Pohjois-Savon nurmialalla sataprosenttisesti, peltojen kyntökerroksen P-luku laskisi 20 vuoden aikana välille 4,5–7,4 mg/l. Jos hyväksyttävänä pellon P-luvun rajana pidetään yleistä satovasterajaa 10 mg P/l (Valkama ym. 2015), raja saavutettaisiin jo kahden vuoden kuluttua. Jos skenaario toteutettaisiin vain 50-prosenttisesti, satovasteraja saavutettaisiin 4 vuoden kuluttua. Koska Pohjois-Savossa peltojen P-luku on jo nykyisellään lähellä satovasterajaa, fosforin kuljettaminen pois alueelta aiheuttaisi nopeasti tilanteen, jossa sadonmuodostuksen turvaamiseksi sitä pitäisi alkaa ostamaan takaisin.

Tämänhetkisen tiedon perusteella nurmen satovasteista ja nurmisadon fosforipitoisuudesta (Valkama ym. 2015, Bélanger ym. 2017) on P-luku 8 mg P/l nurmien sadonmuodostuksen kannalta toistaiseksi turvallinen viljavuusfosforin alaraja karkeilla kivennäismailla. Tälle tasolle peltojen P-luku laskisi 8–15 vuoden aikana. Vastaus kysymykseen, mikä on sopiva kyntökerroksen P-luku nurmikierrossa – ottaen huomioon myös suojaviljan tai väilviljan viljelytarpeen – tarkentunee tulevana vuosina.

**Hoitokalastus fosforin poistajana.** Pitkäaikaisen hoitokalastuksen kokemukset suurehkoilta ja suurilta (592–15 500 ha) järviltä osoittavat, että kuormitus- ja rehevyytasoltaan erityyppisiltä järviltä voidaan poistaa merkittäviä määriä fosforia kalabiomassan mukana; keskimäärin jopa 10–26 % tulevasta ulkoisesta fosforikuormituksesta. Laajassa kansainvälisessä yhteenvedossa on todettu, että hoitokalastus on vaikuttavinta lyhyemmän viipymän järvissä (Bernes ym. 2015). Hoitokalastettujen järvien keskimääräiset vuosisaaliit ovat olleet 30–60 kg/ha, joka vastaa fosforipoistumaa 0,24–0,48 kg/ha. Noin 20–30 kg/ha vuodessa riittää lievästi rehevöityneissä järvissä, mutta rehevissä ja voimakkaammin kuormituissa se ei riitä rajoittamaan särkikalajien biomassan kasvua (Sarvala ym. 2000).

Pitkäaikainen hoitokalastus ei ole rehevissä järvissä johtanut saaliiden romahtamiseen, vaan pyynnin kohteena olevat lajit voivat monilajisessa kalayhteisössä korvautua kalastukselta välttyneillä lajeilla. Kalastuksen lopettamisen tai vähentämisen jälkeen on esimerkiksi Köyliönjärvessä (suuri ulkoinen kuormitus) särkikalajien määrä kasvanut ja fosfori- ja klorofyllipitoisuudet nousseet. Tämä osoittaa särkikalakantojen nopeaa kasvupotentiaalia ja vaikutusta veden laatuun, joita vielä lämpimät kesät ovat voimistaneet.

Suomen järvien kalavarat sekä niihin liittyvä ravinteiden poiston ja kierrätyksen potentiaali ovat vielä vajaasti hyödynnettyjä. Vaikka ammattikalastajien tekemän hoitokalastuksen särkikalasaaliit ovat olleet yli 1,4 milj. kg/v ja vapaa-ajan kalastajienkin särkikalasaaliiksi on arvioitu 2,8 milj. kg, edustavat ne vain pientä osaa järvien potentiaalisesta biomassasta- ja ravinnevarastosta. KiertoVesi-hankkeessa tehtyjen alustavien arvioiden mukaan järvien kalabiomassa on kymmenien miljoonien kilojen luokkaa. Jyväskylän yliopiston ja



Pyhäjärvi-Instituutin tekemän arvion perusteella (Ruokonen ym. 2019) kestävän kalastuksen saalispotentiaali on särjellä 19 milj. kg ja ahvenella 9 milj. kg. Jos muiden särkikalojen määräksi arvioidaan 12 milj. kg, on vuotuisen särkikalasaaliin kokonaispotentiaali sisävesiltä 40 milj. kg.

**Kuva 5.2.** Kestävän kalastuksen saalispotentiaali ahvenella on arvioitu olevan 9 milj. kg. (Kuva: Riku Lumiaro).



Alustavien arvioiden mukaan järvien jatkuvalla hoitokalastuksella voidaan vuosittain poistaa 200–300 t fosforia (Puustinen ym. 2017). Edellä esitetyn kalastuspotentiaalin mukaan tehostetulla kalastuksella voitaisiin pitkällä aikavälillä poistaa järvistä vuosittain yli 484 t fosforia. Merkittävin muutos tehostetusta kalastuksesta olisi särkikalojen osuuden kasvu kokonaiskalastuksesta nykyiseltä 24 % tasolta tasolle 66 %. Pitkäaikainen hoitokalastus alentaa ainakin osassa järviä fosforipitoisuutta. Hoitokalastukselle olisi nykyistä suurempi vesienhoidollinen tarve, koska särkikaloilla on merkitystä erityisesti sisäkuormitteisissa järvissä (Søndergaard ym. 2008), mutta kalastuksen voimistamiselle ei ole ollut taloudellisia edellytyksiä. Urakointina tehtävän hoitokalastuksen kustannus olisi saaliin keskimääräisen hinnan (0,6–0,8 €/kg) ja 40 miljoonan kilon saaliin mukaan yli 30 milj. €/v. Toteutuneissa hoitokalastuksissa yksikköhinta fosforille, noin 75–100 €/kg P, on ollut hyvin lähellä edullimpien maatalouden vesiensuojelumenetelmien kustannustehokkuutta.

Kiertotalouteen ja siniseen biotalouteen liittyvä yritystoiminta, jossa osa särkikalasaaliista käytetään mm. elintarviketeollisuuden raaka-aineena, on 2010-luvun jälkipuoliskolla nopeasti kehittynyt Säkylän Pyhäjärvellä, Järvi-Suomessa ja rannikkoalueella ja siitä onkin tullut uusi ammattikalastuksen tukijalka (mm. Ventelä & Jori 2018). Särkikaloista tehtyjen jalosteiden tuotanto on käynnistynyt lupaavasti ja särkikaloista on maksettu kalastajille hoitokalastuksen urakointihintaa suurempaa hintaa (jopa 1–2 €/kg). Kysyntä ylittää jo tarjonnan, mutta laadukkaan raaka-aineen saatavuudesta ja logistisista reunaehdoista on tullut rajoittavia tekijöitä (mm. Ruokolainen 2018). Tulevaisuudessa nykyistä suurempi osa hoitokalastuksen saaliista on todennäköisesti mahdollista myydä elintarviketeollisuuden raaka-aineeksi. Tällöin järvien tehostettu kalastus on ekologisen yritystoiminnan ohella erittäin kustannustehokas keino poistaa fosforia vesistöistä; hyötykäytön jälkeen fosforilolle jäävä hinta voi olla jopa alle 50 €/kg P. Järvien hoitokalastuksen voimistaminen fosforin poiston tavoitteella tukisi vesiensuojelun, vesienhoidon ja sisävesiin liittyvien elinkeinojen kehittämisen tavoitteita. Ammattikalastajien määrän väheneminen ja ikääntyminen sekä logististen puitteiden riittämättömyys rajoittavat vielä toistaiseksi hoitokalastusvolyymin nopeaa kasvattamista.

### 5.3.2 Toimivimmat mallityökalut vesistövaikutusten ja ravinteiden kierrätyksen kustannustehokkaaseen hallintaan

#### **Kokonaisvaltainen käsitys vesien- ja merenhoidon arviointi- ja mallinnusmenetelmistä.**

Maatalouden aiheuttaman vesistökuormituksen suuruutta voidaan arvioida monella eri tavalla. Hankalaksi asian tekee se, että kuormitusta ja sen vaihtelua ei tarkkaan ottaen voida – toisin kuin esimerkiksi ilman lämpötilaa tai veden virtaamaa – suoraan mitata. Arvioinnissa joudutaan käyttämään epäsuoria mittausten menetelmiä ja laskentakaavoja. Kokeentillä ja valuma-alueilla kuormitusseurannat perustuvat veden määrän ja pitoisuuksien havainnointiin, minkä perusteella lasketaan kuormitusarviot. Toinen tapa arvioida kuormitusta on käyttää erilaisia kuormitusmalleja.

Vesien- ja merenhoitotoimenpiteiden suunnittelu ja toimenpidekokonaisuuksien vaikutusten arviointi valuma- ja vesistöaluetasolla edellyttää lähestymistapaa, jossa kuormitus- ja valuma-aluemallien rooli on keskeinen. Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ja Luonnonvarakeskuksen (Luke) yhteistyönä kehitettiin TOIMI-hankkeessa mallinnusjärjestelmä, jonka avulla saadaan entistä tarkempi ja kokonaisvaltaisempi kuva ravinteiden kulkemisesta eläinsuojista ja peltolohkoilta sisävesistöihin ja sieltä edelleen merialueille. Lisäksi hankkeessa kartoitettiin mallintamiseen liittyviä seurannan ja tietojärjestelmien kehittämistarpeita. Kartoituksen pohjalta ehdotettiin toimenpiteitä, joilla seurantatieto ja mallinnusjärjestelmä yhdistetään. Samalla luotiin kriteerit mallien käyttökelpoisuuden arvioimiseksi ympäristötaloudellisten analyysien tekemisessä (Tattari ym. 2017). Tavoitteena oli helpottaa mallien hyödyntämistä ja varmistaa, että niiden kehittämisessä ja käytössä

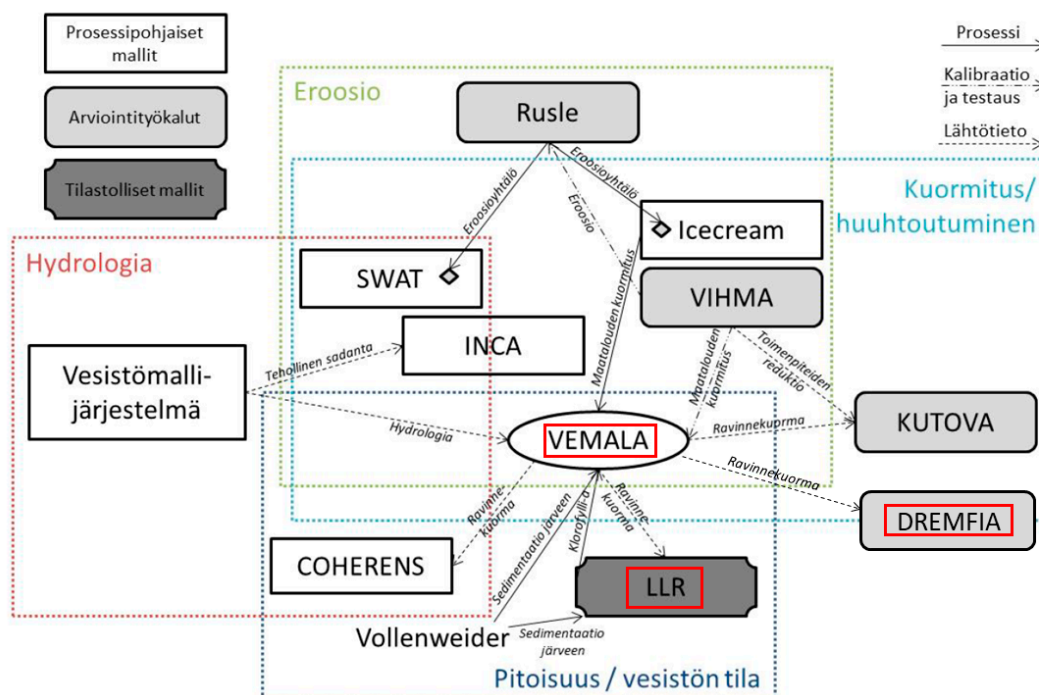


noudatetaan luotuja kriteerejä. Yhteenveto vesien- ja merenhoidossa hyödynnetyistä SYKEN ja Luken malleista ja niiden välisistä suhteista on esitetty Kuviossa 5.1.

Mallityökalujen tuottamien tulosten perusteella on mahdollista valita parhaat toimenpiteet ja ohjauskeinot niin vesien hyvän ekologisen tilan kuin maatalouden elinvoimaisuudenkin turvaamiseksi. Työn pohjalta ympäristöviranomaiset voivat arvioida nykyistä kokonaisvaltaisemmin vesien- ja merenhoitosuunnitelmien sekä valmisteilla olevan ympäristökorvausjärjestelmän kustannuksia ja hyötyjä.

Hankkeen tavoite oli löytää yhteistyössä maatalous- ja vesiensuojeluasiantuntijoiden kanssa yhteisesti hyväksytty, kokonaisvaltainen käsitys vesien- ja merenhoidon arviointi- ja mallinnusmenetelmistä. Mallinnusjärjestelmän ja eräiden yksittäisten mallien toimivuutta testattiin pilottialueilla. Lisäksi esitettiin vesien- ja merenhoidon tarpeisiin vastaava malli- ja arviointityökalujen kehityspolku, jossa pyrkimyksenä on lisätä vesistöjen tila-arvioiden tarkkuutta, toimenpiteiden vaikutusarvioiden samakantaisuutta ja parantaa eri lähteistä ja arviointimenetelmistä tulevan epävarman tiedon hallintaa.

**Kuvio 5.1.** Vesien- ja merenhoidossa hyödynnetyjä SYKEN ja Luken mallityökaluja. Kuviossa punaisella värillä on merkitty toimivimmiksi todetut mallit.



Hydrologisten ja vedenlaatumallien perustana on luonnon prosessien tuntemukseen perustuvat yhtälöt ja mallien kalibrointiin tarvittavat havainnot mm. virtaamasta ja vedenlaadusta. Yleensä tulokset esitetään yksittäisinä aikasarjoina (virtaama, pitoisuus, ravinnekuorma), mutta joissakin malleissa tulokset voidaan esittää myös todennäköisyysjakaumien muodossa. Koska mallit kalibroidaan yleensä rajoitetun muuttujamäärän avulla, niihin on vaikeaa sisällyttää paikallisia käytäntöjä, jotka ovat yleensä moninaisia. Lisäksi esimerkiksi toimenpiteiden valintaan sisältyy arvoja, joita ei voida määrittää yhdellä ainoalla mallilla. Mallit eivät myöskään kykene ottamaan huomioon poliittisten päätösten roolia, joka tukee toimintojen valintaa, motivaatiota ja tavoitteita ja jotka vaikuttavat näiden toimien toteuttamiseen. Ravinteiden kierrätyksen mallintamiseen liittyy useita tekijöitä, jotka tekevät niiden vaikutusten arvioinnin monimutkaiseksi.

**Esitettyjä ratkaisuja mallinnukseen.** Mahdollisia maatalouden vesistövaikutusten mallinnuksen kehityspolkuja TOIMI-hankkeessa esitettiin seuraavasti:

- projektipohjainen mallien soveltaminen ja kehitystyö
- toimivimmiksi todettujen mallien soveltaminen räätälöitynä tilaustyönä vesien- ja merenhoitoon
- prosessipohjaisten mallien nykyistä laaja-alaisempi soveltaminen

Näistä poluista mallien soveltaminen tilaustyönä vesien- ja merenhoitoon tukisi todennäköisesti parhaiten mallien systemaattista käyttöä ja samalla lisäisi yhteistyötä eri tutkimuslaitosten ja viranomaisen välillä. Tämän lisäksi on syytä myös varmistaa käytettävien mallien kehitystyötä mm. kierrätysravinteiden mallintamisen osalta projektipohjaisesti.

TOIMI-hankkeessa päädyttiin seuraaviin suosituksiin:

- päätetään ja valitaan mallien käytön kehityspolku
- sovelletaan valittua strategiaa vesien- ja merenhoitotyössä
- päätetään mallityöhön tarvittavista resursseista, nimetään kehitys- ja operointiryhmä
- valitaan vesistöjen tilan arviointimenetelmä tai hyväksytään eri vaihtoehtoja alueittain
- päätetään toimenpideohjelmien suunnittelumenetelmästä
- varmistetaan tietokantojen saatavuus ja käyttö eri vaiheisiin

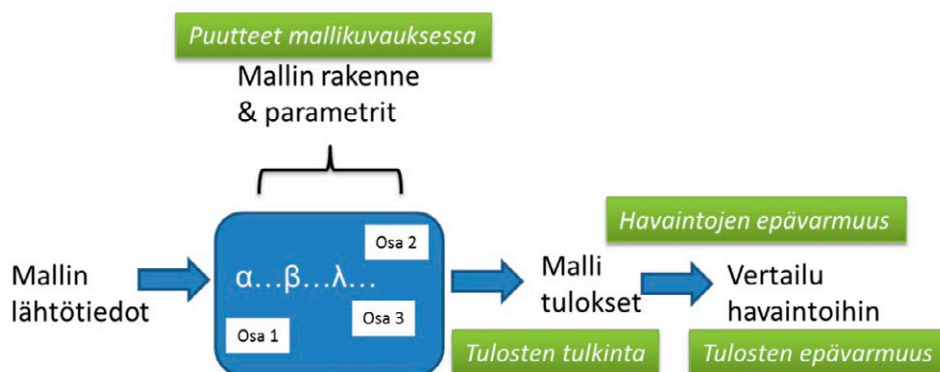
**Ravinteiden kierrätys ja mallinnus.** Varsinaisia mallityökaluja ravinteiden kierrätyksen mahdollisuuksiin ja vaikuttavuuteen on niukasti. Kierrätysravinteiden määriä ja synty-alueita voidaan jo nyt hyvin arvioida esim. Biomassa-Atlaksen avulla (<https://www.luke.fi/biomassa-atlas/>). Biomassa-Atlaksen tulokset saadaan kuntatasolla (Atlaksessa on mahdollista poimia tieto myös valuma-alueitasolla, mutta tässäkin rajaus tehdään kuntarajojen

mukaan, ei valuma-alueiden), mutta mallinnuksen kannalta olisi tärkeää saada tietoa kierrätysravinteista myös pienemmässä mittakaavassa eli esimerkiksi valuma-aluelähtöisesti. Yleisesti ravinteiden kierrätyksen ja siihen liittyvän mallinnuksen haasteina ovat:

- Lantafosfori muodostuu ongelmaksi alueilla, joilla sitä ei kyetä hyödyntämään kasvituotannossa.
- Keinolannoitteita käyttävien viljelijöiden tulisi korvata lannoitteitaan enemmän lannalla ja sen ravinteilla. Poliittikkatoimien suunnittelua varten tulee ymmärtää, miten mikäkin toimi vaikuttaa lannan syntyyn, käyttötarpeeseen ja kysyntään kasvintuotantoalueilla.
- Vaikuttavuuden arviointiin tarvitaan ymmärrystä ravinteiden kertymisen ja vesistöhuuhtoumien välillä.

Kokeellista tietoa lannan käytöstä aiheutuvista ravinnepäästöistä on niukasti (Kuvio 5.2). Osin tästä syystä ravinteiden kierrätystä ja sen vaikutusta ravinnehuuhtoumaan on myös heikosti mallinnettu. Lannan käytön ja käytössä tapahtuvien muutosten ympäristövaikutusten arviointi on siten vaikeaa. Lanta sisältää ravinteita erilaisia määriä riippuen lantalaajista. Tämän lisäksi tarvitaan tietoa lannan varastoinnista, levitystekniikasta ja mahdollisista muista tekijöistä. Ravinnehuuhtoumien merkittäväksi taustatekijäksi on yleisesti arvioitu *ravinnetase, joka on yhtä kuin lannoituksella annetut miinus sadon mukana poistetut ravinteet*. Peltolohkon ravinnetaseen ja huuhtouman välille ei kuitenkaan ole löydetty selkeää yhteyttä, joten ravinnetaseita käytettäessä mallinnuksen keskeinen ongelma on tähän sisältyvä epävarmuus.

**Kuvio 5.2.** Kokeellista tietoa lannan käytöstä aiheutuvista ravinnepäästöistä on niukasti ja se lisää mallitulosten epäluotettavuutta.



Politiikkatoimien vaikutusten arviointiin ei ehkä voikaan olla valmiita malleja, vaan asiantuntijoiden kyky ottaa käyttöön erilaisia malleja tapauskohtaisesti tulee jatkossakin olemaan valmistelun keskiössä.

**Suomalaisia lantamalleja.** DREMFI -mallissa (Lehtonen 2001) sian- ja siipikarjanlanta sijoitetaan kevätiljoille, kun taas naudun lanta nurmelle ja osittain viljalle. Lannan levitystekniikoista eikä myöskään määristä ole tarkkaa tietoa, joten mallintaja joutuu usein turvautumaan tavanomaisiin käytäntöihin. Yleisesti tiedetään, että esim. lietelannan sijoituslevitys nurmelle on tavanomainen käytäntö. Mallissa sijoituslevitys tarkoittaa sitä, että suurempi osa tuestä jää kasvien käyttöön.

DREMFI -mallissa voidaan tehdä skenaarioita, joissa suurempi osa lannan tuestä jää kasvien käyttöön eikä haihdu ilmaan. Koska VEMALA-mallissa (Huttunen ym. 2016), tai muissakaan huuhtoumamalleissa, ei ole validoitua kuvausta lantatypen (mukaan lukien liukoinen ja orgaaninen tyyppi) huuhtoutumisesta erilaisissa lannoitusolosuhteissa (lanta + mineraalitäydennys), luotettavaa tulosta ravinnekuormituksen muutoksesta ei saada. Tästä johtuen lannan osalta mallit vaativat edelleen paljon kehitystyötä, jotta tulokset saadaan luotettavimmiksi. Kiertovesi-hankkeessa kehitettiin myös NURMAP-tilamalli, joka perustuu Suomessa tehtyihin lannanlevityskenttäkokeisiin (Puustinen ym. 2019). Tämän mallin tuloksia on tarkemmin esitelty osuudessa 5.3.1.

### 5.3.3 Nestemäisten kierrätysravinteiden käyttö maataloudessa

Nestemäiset kierrätyslannoitteet syntyvät biolaitoksissa useimmiten typenpoiston sivutuotteena. Nämä biolaitokset ovat pääsääntöisesti puhdistamolietettä mädättäviä biokaasulaitoksia (Kuva 5.3), joiden mädätysjäätöksessä erotettua nesteosaa ei saa käyttää lannoitevalmisteenä. Esimerkkejä näistä ovat mm. ammoniumsulfaatti- ja ammoniakkiliuokset. Nestemäisiä kierrätyslannoitteita syntyy myös konsentroimalla, kuten esim. perunan soluneste. Useimmille niistä on olemassa teollista käyttöä, mutta markkinatilanteesta riippuen niitä on tarjolla myös maatalouteen. Maatalouden ravinnevirrat ovat huomattavan suuret suhteessa näiden sivutuotteiden ravinne-määriin. Yksittäisen biolaitoksen tuotanto on varsin vaatimaton, muutamia tuhansia tonneja vuodessa, eivätkä sen ravinteet periaatteessa riitä kuin kyseisen laitoksen sijaintikunnan pelloille. Kierrätyslannoitteiden ravinne-pitoisuudet ovat pienemmät kuin perinteisten rakeisten mineraalilannoitteiden, mikä lisää niiden logistisia kustannuksia.

**Kuva 5.3.** Maatalouden sivuvirtoja hyödyntävä biokaasulaitos Toholammilla. (Kuva: Demeca Oy)



Pienten volyymien takia lannoitteita ei taloudellisesti kannata rakeistaa tai kiteyttää. Tästä keskeisimmän poikkeuksen tekee Suomessa Harjavallassa nikkeliteollisuuden sivutuotteena syntyvä kiteinen ammoniumsulfaatti, jolla voitaisiin kattaa huomattava osa Suomen typpilannoituksesta. Muutoin maatalous lähinnä tarjoaa ympäristön kannalta kestävän käytön teolliselta käytöltä yli jääville sivuvirroille. Sivuvirtojen määrä voisi kasvaa, jos biolaitoksilla olisi typenpoistovaatimukset, mutta siltikään ne eivät voi muodostaa oleellista osuutta maatalouden ravinteiden käytöstä. Tosin luonnonmukaisen tuotannon kysyntä nestemäisiin sivuvirtoihin on viime aikoina lisääntynyt.

Keskeisin ongelma nestemäisten kierrätyslannoitteiden lannoituskäytössä on se, että niiden ravinnepitoisuudet poikkeavat perinteisistä lannoitteista ja se, että ne ovat nestemäisiä. Siten sekä levitysmäärät ja lannoitteiden olomuoto poikkeavat siitä, mihin maataloudessa on totuttu. Tämä merkitsee sitä, että maatiloilla ei ole yleisesti tarkoitukseen sopivaa kalustoa. Kierrätyslannoitteiden käyttöä ei myöskään tunneta.

NESTERAVINNE-hanke pureutui näihin ongelmiin ja selvitti mahdollisuuksia hyödyntää maatiloilla jo olemassa olevaa kalustoa kierrätyslannoitteiden levitykseen. Hankkeessa myös rakennettiin puuttuvaa kalustoa ja tehtiin kenttäkokeita nurmella ja viljalla. Kokeissa selvitettiin hyvän sadon kannalta oikeiden menetelmien valintaa.

Hankkeessa selvitettiin myös mahdollisuutta pienentää ympäristölle haitallisen torjunta-aineen, glyfosaatin käyttömääriä sen ja ammoniumsulfaatin tankkiseoksilla. Näin saataisiin samalla myös typpi- ja rikkilannoitusta. Lisäksi selvitettiin mahdollisuutta yhdistää rikkakasvien torjunta ja lisälannoitus ammoniumsulfaatilla, joka toisi sekä työmäärän että kustannusten säästöjä. Tulosten perusteella sopivan ammoniumsulfaattiannoksen ravintosisällön arvo suhteessa levityskustannuksiin oli varsin vähäinen. Sillä ei saavutettu huomattavaa sadonlisää. Myöskään ammoniumsulfaatin ja herbisidien tankkiseoksista ei löydetty hyötyjä. Keskeisin ongelma oli ammoniumsulfaatin ja kiinnitteiden yhteensopimattomuus.

Hankkeessa tutkittiin myös mahdollisuutta nopeuttaa nurmen jälkikasvun käyntiinlähtöä ruiskuttamalla siihen ammoniumsulfaattia heti niiton jälkeen, jolloin lietelannan sijoittamiselle jäisi enemmän aikaa. Samassa yhteydessä tutkittiin mahdollisuutta käyttää kiteistä ammoniumsulfaattia ja ammoniakkiliuosta nurmen lannoituksessa. Nestemäisten kierrätyslannoitteiden käyttömahdollisuutta tutkittiin vehnällä tehdyissä kenttäkokeissa. Mukana oli ammoniumsulfaatin lisäksi ammoniakkiliuos, konsentraatti, konsentroidu perunan soluneste, vinassi ja melassi. Kokeiden tulokset viittaavat siihen, että nestemäisistä kierrätyslannoitteista ei saada erityistä etua, mutta parhaimmillaan niillä saadaan vastaavia satoja kuin perinteisillä kiteisillä mineraalilannoitteilla. Siksi nestemäisten kierrätyslannoitteiden hinnan pitäisi olla merkittävästi alle perinteisten mineraalilannoitteiden, jotta niiden maatalouskäyttö lisääntyisi. Käytännössä teollinen kysyntä pitää hinnan samalla tasolla perinteisten rakeisten mineraalilannoitteiden kanssa niin kauan, kun niistä ei ole ylitarjontaa.

Kun nestemäisiä kierrätyslannoitteita on markkinoilla merkittäviä määriä, tässä hankkeessa kehitetyt menetelmät ja koneet vastaavat maatalouskäytön haasteisiin. Tämä tulee tapahtumaan kuitenkin vasta siinä vaiheessa, kun biolaitosten typenpoistovaatimuksia lisätään merkittävästi. Luonnonmukaisessa tuotannossa nestemäisillä kierrätyslannoitteilla on luontaista kysyntää, koska nestemäiset lannoitteet ovat edullisempia kuin rakeiset ja pelletöidyt. Luonnonmukaisessa tuotannossa käytettävät nestemäiset kierrätyslannoitteet ovat yleensä verraten sakeita, mikä asettaa koneille lisähaasteita. On kuitenkin nähtävissä, että nestemäiset kierrätyslannoitteet yleistyvät lähitulevaisuudessa nimenomaan luomutuotannossa.

Koneiden osalta merkittäväksi ongelmaksi nousi erityisesti sekä ammoniumsulfaatin ruostuttava vaikutus että ammoniakkiliuoksen kuparia, sinkkiä ja messinkiä syövyttävä vaikutus. Varsin pitkälle nestemäisten kierrätyslannoitteiden käytössä päästään kuitenkin nykyaikaisella kasvinsuojeluruiskulla varustamalla se tarpeen mukaan lannoitesuuttimilla tai laaahetkuilla sekä sopivilla suodatinvalinnoilla. Kiteisen ammoniumsulfaatin levitys onnistuu tarkoituksenmukaisimmin kylvölannoittimen starttilannoitelaatikon kautta.



### 5.3.4 Pyrolyysituotteet lietalannan ravintoarvon turvaajina

Pyrolyysiprosessissa muodostuu kiinteän hiilijakeen (biohiili) lisäksi kaasua, josta osa voidaan kondensoida nestemäiseen muotoon. Oikealla tavalla tuotetun biohiilen käyttö lietesiäiliön kelluvana katteena on lupaava, mutta vielä selvittämätön mahdollisuus vähentää lietteen varastoinnin aikaisia ammoniakkipäästöjä. Synteettisen rikkihapon korvaaminen pyrolyysissä muodostuvalla, heikkoja orgaanisia happoja sisältävällä nesteellä on todettu laboratoriomittakaavassa lupaavaksi keinoksi parantaa happokäsittelyn työturvallisuutta ja ekologisuutta ja mahdollisesti myös pienentää kustannuksia. Menetelmien käyttöönotto edellyttää kuitenkin lisätietoa biohiilen toimivuudesta kelluvana katteena sekä nesteiden vaikutuksista lannan kemiallisiin, fysikaalisiin ja biologisiin ominaisuuksiin.

PYSTI-hankkeessa selvitettiin pyrolyysinesteen käyttökelpoisuutta naudan lietalannan hapottamisessa nurmella tehdyllä kenttäkokeella, verrokkeina hapotus rikkiha-polla ja käsittelemätön lanta. Tulosten mukaan pyrolyysineste vähensi ammoniakin haihtumista yhtä tehokkaasti kuin rikkihappo, joskin tarvittava käyttömäärä on moninkertainen. Positiivinen vaikutus nurmen kasvuun oli selvästi rikkihappokäsittelyä vähäisempi. Nurmisato oli pyrolyysinestekäsittelyssä jopa käsittelemätöntä lantaa saaneita koejäseniä pienempi. Biodiversiteettivaikutukset (sukkula- ja änkyrämatojen määrä ja yhteisö rakenne) eivät poikenneet eri käsittelyillä toisistaan. Kokeissa havaittiin myös, että välittömästi pyrolyysinesteellä käsitellyn lannan levittämisen jälkeen kylvetty krassi ei lähtenyt itämään lainkaan. Sen sijaan kaksi viikkoa levityksen jälkeen tehdyssä kylvössä vastaavaa, itämisen estävää vaikutusta ei havaittu.

Laboriomittakaavan kokeissa selvisi, että pyrolyysinesteen sisältämien yhdisteiden hajoaminen saattaa aiheuttaa typen immobilisoitumista maassa ja siten heikentää typen käyttökelpoisuutta viljakasveille. Pyrolyysinestekäsittelyn hyvinä puolina todettiin työturvallisuuden paraneminen ja helppo pH:n säätö sekä hajuhaittojen ja kärpästen väheneminen. Hankkeen tutkijoiden mukaan jatkotutkimuksia tarvitaan erityisesti orgaanisten yhdisteiden mahdollisista negatiivisista vaikutuksista kasvuun ja maaperän typpidynamiikkaan.

Pyrolyysinesteen tuottamista ja käyttöä eri käyttökohteissa voivat koskea useat säädökset ja asetukset (Kuva 5.4). PYSTI-hankkeessa selvitettiin, onko olemassa lainsäädännöllisiä esteitä pyrolyysinesteen käytölle lietalannan hapotuksessa tai biohiilen käytölle kelluvana katteena.

**Kuva 5.4.** Asetukset ja lait, jotka koskevat pyrolyysituotteiden tuottamista ja käyttöä.

(Kuva: EBC (2012) raportin kansikuva ([www.zora.uzh.ch/id/eprint/125910/1/2016\\_ebc-guidelines.pdf](http://www.zora.uzh.ch/id/eprint/125910/1/2016_ebc-guidelines.pdf))).



Selvityksen mukaan hidaspyrolyysissä syntyvän pyrolyysinesteen käyttö lietalannan hapotuksessa vaatii pyrolyysinesteen REACH-rekisteröinnin. Aine on esirekisteröity, mutta varsinainen REACH-asetuksen mukainen rekisteröinti on päärekisteröijän puuttuessa edelleen tekemättä. Alustavan arvion mukaan pyrolyysineste luokitellaan CLP-asetuksen (aineiden ja seosten luokitusta, merkintöjä ja pakkaamista koskeva asetus) mukaan vaaralliseksi aineeksi, jolloin sen merkinnöissä, pakkaamisessa ja kuljetuksessa on otettava huomioon sekä CLP-asetus että VAK-laki eli laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta.

Ruokaviraston alustavien tulkintojen mukaan:

1. Lannan happokäsittely rikkihapolla tai pyrolyysinesteellä ei tee lannasta lannoitevalmistetta, joten siihen ei sovelleta kansallista lannoitevalmistelakia tai -asetusta.
2. Pyrolyysinesteen käyttö lietalannan happokäsittelyssä ei tee lannasta luomuun soveltumatonta.
3. Kasvipäristä biohiilikatetta voidaan nykyainsäädännön valossa käyttää kulluvana katemateriaalina sekä tavanomaisessa että luomutuotannossa.

Lopulliseen tulkintaan vaikuttaa kuitenkin se, voidaanko pyrolyysinesteen tai biohiilikatteen lisäyksen jälkeen edelleen katsoa kyseessä olevan lanta vai onko lannasta valmistettu



uusi tuote. Tällä hetkellä pyrolyysinestettä ja biohiiltä ei ole erikseen mainittu ympäristökorvausjärjestelmässä tuettavina tai tuen saamista estävinä menetelminä.

### 5.3.5 Kierrätyslannoitevalmisteet ja maanparannusaineet

HYKERRYYS-hankkeissa tutkitaan kierrätyslannoitevalmisteita ja maanparannusaineita viisivuotisen (2017–2021) viljelykierron ympärille sovitettussa peltokokeessa. Kokeessa käytetyt kierrätyslannoitevalmisteet tulivat seuraavilta toimittajilta:

- Soilfood Oy
- Ecolan Oy
- Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY

Hankkeeseen osallistuvat yritykset suunnittelivat kierrolle omiin kierrätystuotteisiinsa perustuvat lannoitus- ja maanparannussuunnitelmat, joita vertailtiin yliopiston kontrollikäsittelyihin (väkilannoitus eri typpitasoilla ja lannoittamaton). Soilfoodin lannoitus suunnitelmaan kuuluivat maanparannusaineet, ravinneseokset sekä Boost-tuotteet, jotka ovat elintarvike- ja bioenergiateollisuuden sivuvirtoina syntyviä vinasseja ja melasseja. Ecolanin käyttämät lannoitetuotteet koostuivat kolmesta lihaluujauholannoitteesta ja puuvinasta. HSY:n toimittamat lannoitevalmisteet koostuivat erilaisista komposteista (tuore-, maanparannus-, biojäte- ja lietekompostit).

Lannoitevalmisteet edustavat määriltään ja ravinnepitoisuuksiltaan merkittävimpiä kierrätyslannoitteiden raaka-aineita metsä- ja elintarviketeollisuudesta, maataloudesta sekä yhdyskuntajätteiden prosessoinnista lanta pois lukien. Kokeen suunnittelussa on ajateltu ”Vilja-Suomen” tiloja, joissa karjanlanta ei välttämättä ole tarjolla orgaanisen aineksen lisäykseen. Kokeen viljelykierto oli syysruis – härkäpapu – kaura nurmialuskasvilla – viherlannoitusnurmi – ohra. Koekentällä oli neljä kerrannetta, joissa jokaisessa oli kolme kasvilohkoa ja joilla viljelykierto aloitettiin eri kierron vaiheesta.

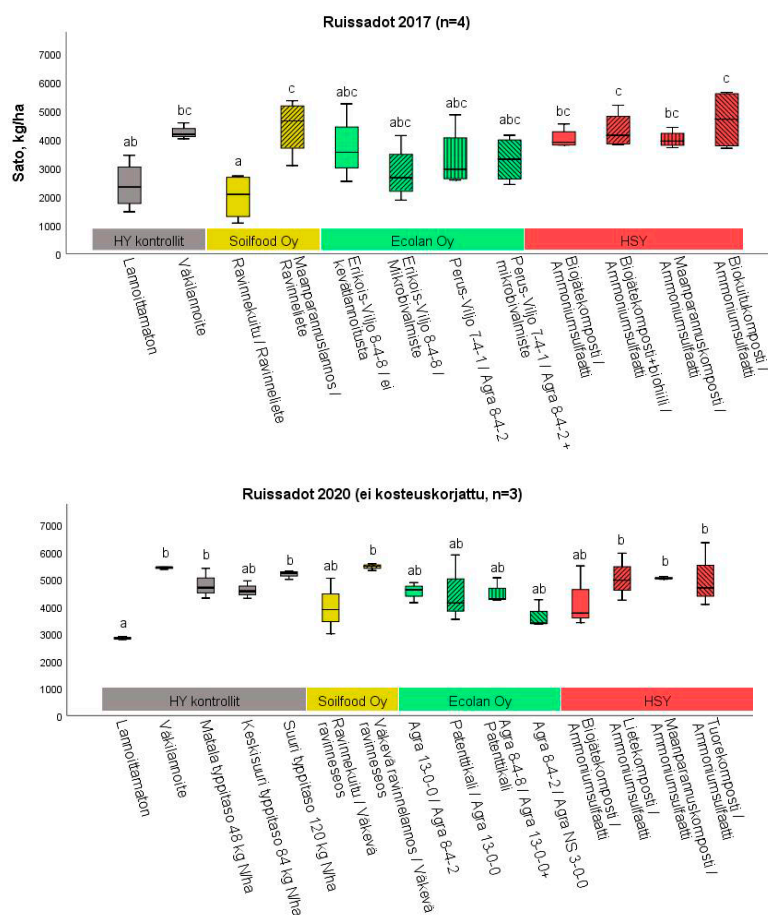
Lannoituksissa käytettiin viljoilla kokonaistyyppilannoitustasoja 100–120 kg/ha ja härkäpavulla 40 kg N/ha väkilannoitekontrollikäsittelyissä, biokaasumädätteellä, vinasseilla ja ammoniumsulfaatilla. Lihaluujauhojen levitysmäärillä kokonaistyyppi oli viljoilla 40–60 kg/ha ja härkäpavulla 20 kg/ha.

Kasvukausien sääolosuhteet vaihtelivat vuosien välillä suuresti. Vuoden 2017 sateisena kasvukautena hankkeessa saatiin keskisatoja korkeammat sadot kaikilta viljelyssä olleilta kasvilajeilta. Vuoden 2018 kuiva kevät hidasti taimettumista ja kasvustot jäivät aukkoisiksi. Poikkeuksellisen kuivana ja kuumana kasvukautena sadot jäivät niukoiksi veden rajoituksessa koekasvien kasvua ja kehitystä. Kasvukausi 2019 oli edellisvuoden tapaan kuiva ja

lämmin, erityisesti kesäkuu oli poikkeuksellisen kuiva. Vuosien välisessä vertailussa kokeen satotuloksissa on suurta vaihtelua, mikä selittyy vuosien sääolosuhteiden erolla.

**Ruis.** Syysrukiin satovuodet ovat kokeessa vuodet 2017, 2020 ja 2021. Raportin kirjoittamisajankohtaan mennessä rukiista oli saatu yhden vuoden satotulokset vuosilta 2017 ja 2020. Kokeen osallistujien lannoitus suunnitelmissa maanparannusaineet ja kom-postit levitettiin syysrukiin alle ennen kylvöä. Käsittelyinä oli neljä puhdistamoliete- tai biojäte-pohjaista kompostia (HSY) sekä metsäteollisuuden ravinnekuitu ja kiinteä biokaasumädä- tejäännös (Soilfood Oy). Yhdyskuntajätöpohjaisten kompostikäsittelyiden kevätlannoituks- ssa käytettiin ammoniumsulfaattiliuosta ja ravinnekuidun ja kiinteän mädätysjäännöksen kevätlannoituksissa luomukelpoista, lietemäistä biokaasumädätettä (raaka-aineena erillis- kerätty biojäte) typpilannoitustasolla 120 kg/ha.

**Kuvio 5.3.** Rukiin satotulokset vuosilta 2017 (ylempi osa) ja 2020 (alempi osa) HYKERRYKES-hankkeessa.



Syksyllä 2016 kylvetyllä rukiilla parhaimmat sadot tuottivat kiinteällä biokaasumädätteellä sekä biokuitukompostilla lannoitettu käsittely noin viiden tonnin hehtaarisadoilla (Kuvio 5.3 yläosa). Kolme muuta yhdyskuntajätepohjaista kompostikäsittelyä tuottivat myös tilastollisesti väkilannoitekontrollin (4,5 t/ha) veroisia satoja. Lihaluujauhokäsittelyt (Ecolan Oy, 4 erilaista) tuottivat rukiilla jonkin verran väkilannoitekontrollia matalampia satoja (2,9–3,6 t/ha). Vuoden 2020 sato oli Soilfood Oy:n biokaasumädätteellä samaa luokkaa (5,5 t/ha) kuin väkilannoitekontrollilla. Ecolan Oy:n ja HSY:n käsittelyillä jäätin hieman tämän alle (Kuvio 5.3 alaosa).

Soilfood Oy:n ravinnekuidulla käsitellyillä ruuduilla havaittiin typenpuutosoireita molempien levitysvuosien (2016 ja 2019) syksyllä rukiin tullessa oraalle. Esikasvina ollut ohra ja kyntö ennen levitystä ei näiden havaintojen perusteella ollut sopiva yhdistelmä ravinnekuidun kanssa. Rukiin kasvustot jäivät molempina kylvövuosina harvoiksi ja pienikokoisiksi typenpuutteen vuoksi (Kuva 5.6).

**Kaura.** Kaura oli kokeen viljelykierrossa vuosina 2017, 2018 ja 2019. Runsasmultainen koelohko tuotti vuonna 2017 ilman lannoitustakin lähes neljän tonnin kaurasadon hehtaarilta ja väkilannoituksen avulla jopa 6,5 t/ha. Kierrätyslannoituskäsittelyillä saavutettiin noin kuuden tonnin kaurasadot (Kuvio 5.4 yläosa).

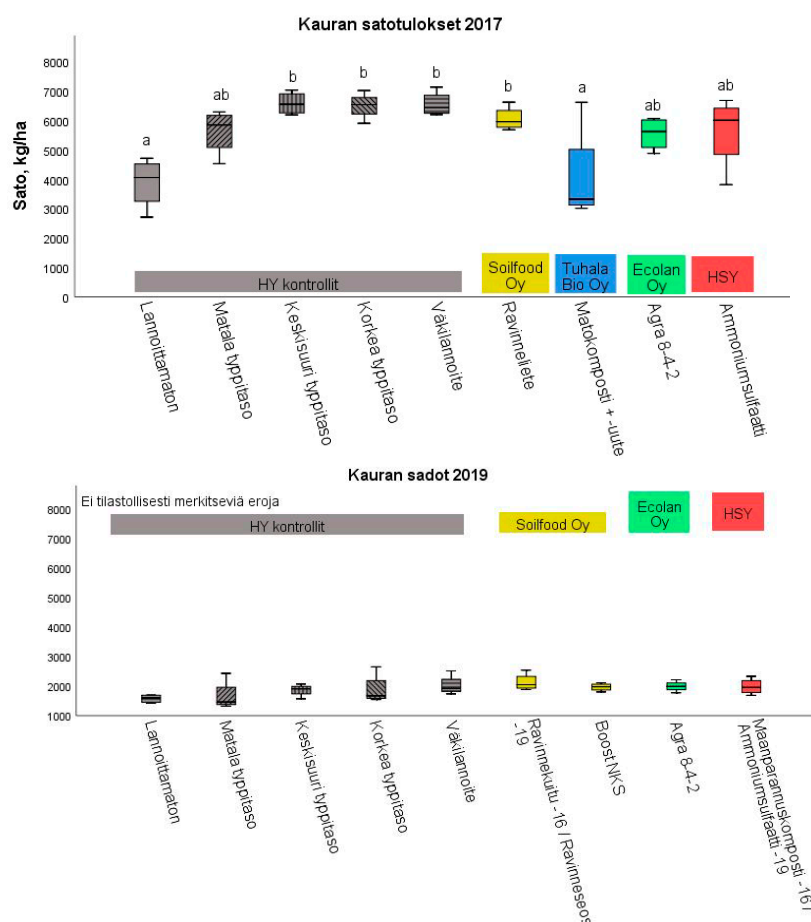
Vuosina 2018 ja 2019 kauran keskisadot kaikkien käsittelyiden kesken jäivät vaatimattomiksi kasvukausien kuivien sääolosuhteiden vuoksi. Kauran keskisadot olivat noin 2 tonnia hehtaarilta eikä käsittelyiden välillä ollut tilastollisesti merkitseviä eroja (Kuvio 5.4 alaosa).

**Viherlannoitusnurm.** Viherlannoitusnurmi oli kokeen viljelykierrossa vuosina 2018–2020. Nurmiseos kylvettiin kauran aluskasviksi edellisenä keväänä ja nurmen satotulokset kerättiin seuraavana vuotena heinien kukinta-aikana. Nurmille ei muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta levitetty satovuotena lannoitteita. Vuonna 2018 nurmisadot olivat keskimäärin kolme tonnia kuiva-ainetta hehtaarilta ja vuonna 2020 kuusi tonnia hehtaarilta. Vuoden 2019 nurmisadot epäonnistuivat kylvöajankohdan sekä täydennyskylvöajankohdan aikaisen kuivuuden vuoksi, jääden tuhanteen tonniin hehtaarilta. Nurmisadoissa ei ole ollut tilastollisesti merkitseviä eroja yhtenäkkään satovuonna kaikkien käsittelyiden välisissä vertailuissa. Vuoden 2020 tuloksissa suurimmat nurmisadot verrattuna lannoittamattomaan kontrolliin (4,9 t/ha) tuottivat koeruudut, joille levitettiin syksyllä 2016 ravinnekuitua (6,8 t/ha), maanparannuskompostia (6,7 t/ha) tai biokuitukompostia (7,8 t/ha). Myös lihaluujauhoruutu (NPK 13-0-0), jolle levitettiin keväällä 2020 bioetanolin valmistuksen sivutuotteena syntyvää puuvinassia (70 kg Ntot/ha) tuotti 7,8 tonnin hehtaarisadon.

**Ohra.** Ohran satovuodet olivat koekentän viljelykierrossa vuosina 2019, 2020 ja 2021. Raportin kirjoittamisen ajankohtana ohrasta oli saatu vasta vuoden 2019 satotulokset. Ohran keskisato kaikkien käsittelyiden kesken oli vuonna 2019 vaatimattomat 1,6 t/ha. Ohralla

ammoniumsulfaattikäsittelyn (120 kg Ntot/ha), väkilannoitekäsittelyn (N tot 120 kg/ha) sekä keski-suuren (84 kg Ntot/ha) ja suuren (120 kg Ntot/ha) typpi-porraskäsittelyn sadot olivat tilastollisesti merkitsevästi suurempia kuin lannoittamattoman käsittelyn. Yhden vinassikäsittelyn (Boost NK, 120 kg Ntot/ha ) sato oli merkitsevästi pienempi kuin väkilannoitekäsittelyn ja suuren typpitasen käsittelyn sadot. Muiden käsittelyiden (lietmäinen biokaasumädäde, lihaluujauhot ja muut vinassit) sadot eivät eronneet merkitsevästi väkilannoitekäsittelystä, suuresta typpiporraskäsittelystä tai lannoittamattomasta kontrollista.

**Kuvio 5.4.** Kauran satotulokset vuosilta 2017 (ylempi osa) ja 2019 (alempi osa) HYKERRYYS-hankkeessa. Vuoden 2018 sadot jäivät kuivuudesta johtuen hyvin vähäisiksi.



**Härkäpapu.** Härkäpavun satovuodet olivat kokeessa vuodet 2017, 2018 ja 2021. Vuonna 2017 härkäpavulla saavutettiin kaikilla käsittelyillä hyvät satotasot, keskimäärin 5,8 t/ha.

Tuloksissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Kun typpilannoituksen määrä tai vesi ei typensitojakasvilla rajoittanut sadonmuodostusta, tuottivat kaikki käsittelyt lähes yhtä suuret sadot. Tyypillisesti härkäpavulla käytetty noin 40 kg Ntot/ha starttilannoitus ei tässä kokeessa vaikuttanut nostavasti satotasoon.

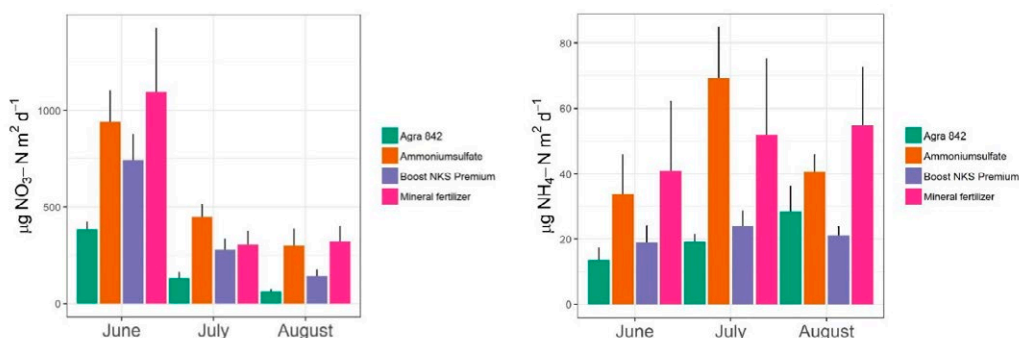
Vuonna 2018 härkäpavun sadot epäonnistuivat kasvukauden kuivuuden vuoksi. Touku-kuun poikkeuksellisten korkeiden lämpötilojen ja kuivuuden johdosta kauran ja härkäpavun koeruodut taimettuivat erittäin epätasaisesti ja kasvusto jäi harvaksi ja aukkoiseksi. Satotasot jäivät alle tuhanteen kiloon hehtaarilta. Sääolosuhteet vaikuttivat satojen muodostukseen enemmän kuin käytetyt lannoitteet.

**Ravinne- ja kasvihuonekaasupäästöt.** Kasvihuonekaasujen ja typpihuuhtoumien mittaustuloksissa vertailtiin i) orgaanisten kierrätyslannoitteiden, ii) epäorgaanista alkuperää olevien kierrätyslannoitteiden sekä iii) mineraalilannoitteiden välisiä eroja.

Kasvihuonekaasumittauksia suoritettiin v. 2019 kauralta koko kasvukauden ajan kahden viikon välein väkilannoitekäsittelyltä, ammoniumsulfaattikäsittelyltä, lihaluujauhokäsittelyltä (Agra 8-4-2) sekä vinassikäsittelyltä (Boost-NKS). Boost NKS-käsittelyllä hiilidioksidin ( $\text{CO}_2$ ) ja dityppioksidin ( $\text{N}_2\text{O}$ ) tuotto oli hieman muita käsittelyjä korkeampi heti levityksen ja kylvön jälkeen, mutta tilanne tasaantui nopeasti muiden käsittelyiden tasolle. Kesäkuun mittaustulokset jäivät alhaisiksi, sillä vesi rajoittaa maan pieneliöstön toimintaa. Metaanin ( $\text{CH}_4$ ) tuotossa havaittiin lihaluujauholla kasvua heinäkuun runsaiden sadepäivien jälkeen.

Typen huuhtoumaa tutkittiin asettamalla muokkauskerrokseen, 20 cm syvyyteen asti ulottuvat maapatsasta ympäröivät muoviputket, joiden alle laitettiin ammonium- ( $\text{NH}_4$ ) ja nitraattityyppiä ( $\text{NO}_3$ ) keräävät ionihartsipussit. Ionihartsipussit pidättivät maapatsaan läpi huuhtoutuneen typen. Mittaus on oleellinen vesistöjen kannalta. Hartsipussit kerättiin analysoitavaksi kerran kuukaudessa, ja keräyksen yhteydessä tilalle vaihdettiin uudet pussit. Orgaanisten käsittelyiden typpihuuhtoumat ovat kaikkina tutkittuina ajankohtina olleet pienempiä kuin epäorgaanisilla käsittelyillä (Kuvio 5.5). Lihaluujauhokäsittelyn osalta tämä selittyy osittain annetun typpilannoituksen määrällä, joka oli vain 40 kg Ntot/ha. Muilla käsittelyillä typpilannoitus oli 100 kg Ntot/ha.

**Kuvio 5.5.** Nitraattitypen (vasemmalla) ja ammoniumtypen (oikealla) huuhtoumat vuodelta 2019 HYKERRYYS-hankkeen kauralohkolta. (Punainen pylväs = mineraalilannoite, oranssi pylväs = epäorgaaninen kierrätyslannoite, vihreä ja violetti pylväs = orgaaninen kierrätyslannoite.)



### 5.3.6 Kuitulietettä peltoon ravinteiden välittäjäksi

Kuitulietettä syntyy sellu- ja paperiteollisuuden sivuvirtoina, pääosin paperin ja kartongin valmistusprosesseissa. Kuituliete (nollakuitu) kelpaa lannoitevalmisteenä käytännössä sellaisenaan. Sekalietteet (ravinnekuidut) sisältävät biolietettä ja kuitulietettä, joten ne pitää käsitellä jollain tavalla, jotta ne täyttäisivät lannoitevalmistelainsäädännön hygieniavaatimukset. Sekalietteen tyyppinimi määräytyy käytännössä käytetyn käsittelytavan perusteella. Nykyisin metsäteollisuuden sivutuotteista pääosa hyödynnetään energiana, lannoitevalmistekäytön osuus on alle 10 %.

Aiemmin näitä sivuvirtoja ei hyödynnetty yhtä tehokkaasti kuin nykyään, joten niitä on kerrostuneena vesistöjen pohjissa aikoinaan toiminnassa olleiden laitosten läheisyydessä. Eräs tällainen kohde on Tampereen Lielähti, johon nollakuitua laskettiin 50-luvulle asti. Lietettä arvioidaan olevan kerrostuneena arviolta noin 9 ha:n alueella enimmillään yli 10 metriä. Kaikkiaan Suomen metsäteollisuuden sivutuotteiden historiallisten esiintymien arvioidaan olevan kuiva-aineena noin 150 000 tonnia kuiva-ainepitoisuuden ollessa noin 10 %. Tämä vastaa noin puolessatoista vuodessa nykyisin syntyvää määrää. Vastaavanlaisia kohteita on Suomessa kymmenkunta, mutta Lielähti on tällä hetkellä kohteena ajankohtainen, koska sen rannalle ollaan rakentamassa uutta kaupunginosaa.

Peltokuitu-hankkeessa tutkittiin maan liukoisen typen sitomista kuitulietteiden avulla syksyllä tavoitteena, että typpi ei huuhtoudu ja että lietteen ei sitoisu seuraavana kasvukautena annettavaa lannoitetyyppeä pois kasvien käytöstä. Sopivia käyttökohteita ovat viljelykset, joissa maan liukoisen typen pitoisuus syksyllä on suuri ja aiheuttaa huuhtoutumisriskiä. Tällaisia ovat mm. viherlannoitusnurmet, herne ja härkäpapu sekä nurmien ja laitumien uudistamisvaihe ja kevätiljat. Typen sitomisen ohella lietteet lisäävät hiiltä peltoon.

Kuituliete saadaan helposti kuivumaan kiinteäksi, noin 20 % kuiva-ainetta sisältäväksi valuttamalla. Syntyvä valumavesi ei kuitenkaan ole puhdasta vettä, jonka voisi laskea takaisin järveen, vaan sille tarvitaan käsittely, esimerkiksi johtamalla vedet jätevedenpuhdistamolle. Haitallisten metallien pitoisuudet olivat Lielahden nollakuidussa lähellä lannoitevalmisteille sallittuja. Nykyisin syntyvässä nollakuidussa haitallisten metallien pitoisuudet ovat oletettavasti pienemmät. Haitallisista metalleista kadmium rajoittaa eniten kuitulietteen levitysmäärää. Ravinnekuitujen levitysmäärää syksyllä voi rajoittaa niiden sisältämä liukoisen typen määrä. Toisaalta ravinnekuitu ei sido typpeä seuraavana kasvukautena yhtä paljon kuin nollakuitu, joten sen levitysmäärä voisi tästä näkökulmasta olla suurempi kuin nollakuidun.

Orgaanisen aineksen lisäyksen avulla voidaan parantaa maan kemiallisia, biologisia ja fysikaalisia ominaisuuksia, vähentää ravinnehuuhtoutumia, eroosiota, maan muokkautuvuutta, parantaa sadontuottokykyä sekä lisätä hiiltä maahan. Syksyllä maahan jäänyt liukoinen typpi, erityisesti nitraatti, huuhtoutuu usein valumavesien mukana. Tämä ylimääräinen typpi voi olla peräisin viljelykasvilta käyttämättä jääneestä lannoituksesta tai esimerkiksi syksyllä sadonkorjuun jälkeen levitetystä karjanlannasta. Sopivalla määrällä hiilipitoista materiaalia peltoon jäänyt liukoinen typpi voidaan sitoa. Toisaalta liiallinen määrä voi johtaa siihen, että hiilen lähde sitoo typpeä vielä seuraavana kasvukautena. Sopiva määrä olisikin sellainen, että syksyllä jäljellä oleva liukoinen typpi tulee sidottua talven ajaksi, mutta alkaa vapautua jo seuraavan kasvukauden alkaessa. Muita keinoja liukoisen typen sitomiseen ovat alus- ja kerääjäkasvit.

Peltokuitu-hankkeessa laskettiin Biomassa-Atlaksen avulla viherlannoitusnurmien, herneen ja härkäpavun sekä nurmien ja laitumien uudistamisvaiheen ja kevätiljojen pinta-aloja sekä niiden etäisyyksiä Tampereen Lielahdesta ja Lohjan Kirkniemen tehtaalta. Nurmien uudistamisalaksi laskettiin ¼ nurmien viljelyalasta. Alle 30 km maantie-etäisyydellä Lielahdesta viljelyalat ovat varsin pieniä. Tähän vaikuttaa Tampereen kaupungin ja Näsijärven läheisyys. Viljelyalat lisääntyvät, kun viljelyalat lasketaan 50 km:n etäisyyteen saakka Lielahdesta.

Peltokuitu -hankkeessa pyrittiin maamonoliittikokeella selvittämään erilaisten kuitulietteen ja ravinnekuidun käyttömäärien vaikutus salaojavalunnan ravinnepitoisuuksiin ja -huuhtoutumiin. Kokeessa käytettiin kuitulietettä (48,1 % org. C ja 0,38 % kokonais-N), joka oli 1900-luvun alkupuolella Tampereen Lielahden pohjaan sedimentoitunutta nollakuitua paikallisesta paperiteollisuudesta sekä ravinnekuitua (34,1 % org. C ja 0,58 % kokonais-N ka), joka oli erästä Soilfood Oy:n markkinoimaa kalkkistabiloitua sekalietettä. Monoliitit (halkaisija 29,5 cm, korkeus 35 cm) otettiin Ypäjän kenttäkokeesta, jossa selvitettiin syksyllä levitettyjen kuitujen vaikutusta seuraavan kasvukauden kevätehneeseen. Pinnasta kuorittiin 10 cm kerros, johon sekoitettiin nollakuitua tai ravinnekuitua 16, 8, 4, 2, 1 ja 0 t/ha orgaanisena hiilenä laskettuna, jolloin saatiin yhteensä 11 koepistettä.

Sekoittamisella simuloitiin pellolla tehtävää kuitujen multausta kultivaattorilla. Koejäseniä sadetettiin 2 mm päiväsadannan mukaisesti kolmesti viikossa 9 viikon ajan. Monoliittien alta kerätyt salaojavalunnat punnittiin kolmesti viikossa, ja niistä otettiin näytteet viikon välein. Näytteistä määritettiin sameus, ammoniumtyyppi, nitraattityppi, liukoinen orgaaninen tyyppi, liukoinen kokonaistyyppi, sähkönjohtavuus ja pH.

Tutkimuksessa havaittiin, että suurten kuituannosten satovaikutukset ensimmäisenä lisäyksen jälkeisenä kasvukautena riippuvat kasvukauden sääolosuhteista; sadannan ollessa normaali ne aiheuttavat todennäköisen satotappion, mutta alkukasvukauden ollessa kuiva ne saattavat jopa lisätä satoa, luultavimmin pellon vesitalouden paranemisen seurauksena. Toisella lisäyksen jälkeisellä kasvukaudella sadoissa ei havaittu eroa käsittelemättömään kontrolliin verrattuna.

Kokeissa salaojavalunnan sameus laski yleisesti kuitumateriaalin lisäyksen johdosta. Suuret levitysmäärät laskivat ammoniumtypen pitoisuutta syyssimuloinnin lopussa. Mitä enemmän kuitua oli, sitä vähemmän oli myös nitraattia valunnassa. Nollakuidulla merkittävä tyyppiä sitova vaikutus saatiin levitysmäärällä 1 t/ha org. C ja vastaavasti ravinnekuidulla määrällä 8 t/ha org. C. Liukoisen orgaanisen typen pitoisuus pysyi erittäin matalana koko simuloinnin ajan. Kuitujen lisäys nosti yleisesti salaojavalunnan pH-arvoa. Ravinne- vs. nollakuidulla eikä myöskään eri levitysmäärien välillä havaittu merkittävää eroa pH-arvojen suhteen.

### 5.3.7 Energiatuotannon ja käytön tulevaisuus maatiloilla

Niin sähkön kuin liikennepolttoaineidenkin merkitys tuotantoon kehittäville maatiloilla tulee korostumaan tulevaisuudessa. eTU -tutkimushankkeessa tuotetaan tietoa uusiutuvan energian tuotantoa ja käyttöä ohjaavien järjestelmien kehittämiseen maatiloille ja puutarhoille. Tavoitteena on myös löytää uusia vaihtoehtoja uusiutuviin energialähteisiin perustuvan energiaomavaraisuuden asteittaiseen edistymiseen maaseutualueilla.

eTU-hankkeen vuoden kestävät energiamittausjaksot saatiin käynnistettyä neljässä maatilakohteessa ja yhdellä opetusmaatilalla. Lyhyempiä mittaus- ja tutkimusjaksoja niin energiantuotantoon kuin -kulutukseen liittyen on toteutettu esimerkiksi puutarhojen valaistuksen ja maidonjäähdytyksen osalta niin maatilakohteissa kuin hankkeen toimijoiden omissa tutkimus- ja tuotekehitystilastoillakin. Tavoitteena oli saada kokonaiskäsitys siitä, miten energiaa tuotetaan ja kulutetaan tarkasteltavissa kohteissa sekä koota riittävän tarkka ja kattava aineisto vaihteluväleistä ja niihin johtaneista syistä.

Hankkeen tutkimusjärjestelyjen kannalta haasteena on mittauskohteiden energiantuoton ja etenkin energiankulutuksen voimakas riippuvuus vuodenajasta ja silloin vallitsevista



sääoloista sekä puutarhojen ja kotieläintilojen tuotantovaiheista. Mittausdataa pitäisi pystyä keräämään useilta vuosilta, jotta energianhallintajärjestelmien toimintalogiikan perustana olisi riittävän laaja vuosien välisen vaihtelun huomioiva aineisto. Maatilakohteissa varsinkin sähkönkulutuksen mittausjärjestelyt vaativat huolellista perehtymistä kyseisen kohteen sähköistykseen ja varsinkin siinä tehtyihin muutoksiin, joita on tehty tilan eri investointivaiheita toteutettaessa.

eTU- hankkeessa energiaomavaraisuus määriteltiin tilanteeksi, jossa maatila tai puutarha tuottaa yhtä paljon energiaa kuin kuluttaa tarkastelujakson aikana. Tarkasteluajanjakson perusteella energiaomavaraisuuden tavoite voidaan saavuttaa:

1. jatkuvana tuotannon hetkelliseen seurantaan perustuvana tarkasteluna
2. tuotantovaiheen mittaisena tarkasteluna (sesonkikukien kasvatus, lihasian kasvatus) tai
3. erikseen määriteltynä tarkastelujaksona (kalenterivuosi, investoinnin takaisinmaksuaika).

Haasteellisin näistä tarkastelutavoista on hetkelliseen energiakulutuksen ja -tuotannon tasapainoon perustuva energiaomavaraisuustavoite. Niin puutarha- kuin maataloustuotannon järjestäminen tilatasolla on yleensä suunniteltu mahdollisimman halpaan ja varmasti kaikissa tilanteissa riittävään energialähteeseen ja -järjestelmään pohjautuvaksi. Sähköliittymien sulakekoot ja lämmityskattiloiden tehot on alun perinkin mitoitettu niin, että ne riittävät suurimmankin kuorman ja kovimmankin pakkasen aikaan.

Jatkuvan hetkellisen energiaomavaraisuustavoitteen kannalta olennaista on ensimmäisessä vaiheessa tutkia tuotantoyksikön kokonaisenergiakulutuksen jakautumista eri osiin siten, että nämä osat voisivat mahdollistaa – tuotannon siitä merkittävästi häiriintymättä – tiettyjen toimintojen ajoittamisen uudestaan, jotta energiankulutushuippuja pystytään tasoittamaan. Yhtenä esimerkkinä tähän tavoitteeseen pyrkimisessä selvitettiin säteilyennusteiden ja mittausjärjestelmien käyttöä kasvihuoneiden lisävalotuksen käytön optimoinnissa. Lisävalotusta ohjattiin käyttämällä satelliittitietoja hyödyntävää, säämalliin pohjautuvaa auringon säteilyennustetta. Ensimmäisen vaiheen tulokset osoittivat, että toteutunutta valomäärää on mitattava kasvien tasolla, jotta ennusteiden hyödyntäminen ja sähkönkulutuksen pienentäminen onnistuisi. Toteutunut valomäärä kasvien tasolla (ilman lisävalotuksen osuutta) oli 24–38 % ulkona mitatusta tasosta. Säteilyennusteen, toteutuneen kokonaisvalokertymän sekä biomassan tuotantotavoitteiden sovittamisessa riittää vielä kehitettävää, mutta sähkönkulutuksen säästöpotentiaali pystyttiin kokeen aikana todentamaan.

Toisena esimerkkinä suoritettiin alkuvuoden 2020 aikana tutkimusosio maidon jäähdyttämisestä ulkoilman lämpötilaa hyödyntävällä jäähdytyskierrolla. Näissä molemmissa tutkimusesimerkeissä korostuu energiaomavaraisuusnäkökulman kannalta kaksi merkittävää tutkimushaastetta, energiakäytön optimoinnin kannalta sopivimman mittauskohteen ja

-järjestelyn löytäminen sekä käytetyn energiapanoksen tuotantovasteen ja olosuhdetekijöiden (vuodenaika, kasvukauden vaihe) riippuvuuden todentaminen.

Tutkimuskohteisiin asennettujen energiahallintajärjestelmien aineistot ovat käytettävissä syksystä 2020 alkaen, joten tarkempia kokonaisanalyysyjä voidaan odottaa vuoden 2021 alkupuoliskolla. Tämä mahdollistaa tuotantovaiheen tai erikseen määritellyn ajanjakson mukaisen energiaomavaraisuuden tarkastelun, joka perustuu kohteen energiankulutuksen ja -tuotannon kokonaisanalyysiin. Jos energiantuotanto on omaa energiankulutusta suurempi, voidaan määritellä laskennallinen myytävä energiapanos (biomassana) tai suunnitella energiantuotantoratkaisu, jolla ainakin kyseinen määrä energiaa voidaan tuottaa markkinoille.

## 5.4 Yhteenveto hankkeiden tuloksista

Ravinteiden kierrätyspotentiaalin täysimääräinen hyödyntäminen peltoviljelyssä olisi merkittävä edistysaskel kestävän maatalouden suuntaan. Eräs kestävän maataloustuotannon ydinkysymyksistä on, miten pelloilta vesistöihin kulkeutuvien valumavesien ravinnevirrat saataisiin paremmin hallintaan? Tähän kytkeytyvät läheisesti puolestaan kysymykset, miten ravinteiden kierrätys vaikuttaisi mineraalilannoitteiden käyttöön lohko-, tila- sekä aluetasolla, ja vaikuttaisiko mineraalilannoitteiden laajamittainen korvaaminen kierrätystuotteilla kuivatusvesien laatuun ja lopulta vesistöjen tilaan? Mineraalilannoitteilla on 20 % pienempi huuhtoutuminen kuin normaalikäytön lietelantalannoituksella. Tämä tulos korostaa lietelannan fraktioinnin etuja. Karjatalousalueilla pintavalunnan määrällä on suurempi vaikutus huuhtoutumiseen kuin viljelytekniikalla.

Kierrätyslannoitteilla on oma roolinsa alkutuotannon kestävyysparantamisessa ja kiertotalouden edistämisessä. Kierrätettyjen ravinteiden hyödyntämisen edellytyksenä maataloudessa ovat viljelijöiden saatavilla olevat laadukkaat, toimivat ja turvalliset tuotteet sekä viljelijöiden riittävä tietotaso, luottamus ja osaaminen kierrätyslannoitteiden käytön suhteen. Tuotteiden tulee olla olomuodoiltaan tilojen kalustoon yhteensopivia tai vaihtoehtoisesti urakointipalvelut pitää olla saatavilla kustannustehokkaasti.

Kierrätyslannoitteet tuottivat tilastollisesti samanveroisia satoja mineraalilannoitteiden kanssa sekä märkänä että kuivinakin vuosina, taloudellisessa tarkastelussa ne usein jopa voittivat mineraaliverrokkeja. Orgaanisten käsittelyiden typpihuuhtoumat ovat kaikkina tutkittuina ajankohtina olleet pienempiä kuin epäorgaanisilla käsittelyillä. Nestemäisten kierrätyslannoitteiden maatalouskäyttö voi lisääntyä vain niiden tuotannon lisääntymisen kautta, mikä syntyy vain tiukempien typenpoistovaatimusten kautta.

Hoitokalastuksen laskennallinen vaikutus vesistöjen fosforin poistossa on suuri, mutta tämä tulos edellyttää vielä lisätutkimuksia erityyppisissä järvissä. Laajamittaisen ja pitkäjänteisen hoitokalastuksen vaikutukset ovat joka tapauksessa vertailukelpoisia laaja-alaisen peltotoimenpiteiden kanssa.

Kun energiahallintajärjestelmien aineistoja on yleisemmin käytössä, se mahdollistaa tuotantovaiheen tai erikseen määritellyn ajanjakson mukaisen energiaomavaraisuuden tarkastelun, joka perustuu kohteen energiankulutuksen ja -tuotannon kokonaisanalyysiin. Jos energiantuotanto on omaa energiankulutusta suurempi, voidaan määritellä laskennallinen myytävä energiapanos (biomassana) tai suunnitella energiantuotantoratkaisu, jolla ainakin kyseinen määrä energiaa voidaan tuottaa markkinoille.

## 5.5 Tulosten hyödyntäminen päätöksenteossa

Tutkimustulosten konkreettinen hyöty päätöksenteossa on aina riippuvainen siitä, mihin kysymyksiin hankkeella on pyritty vastaamaan. Usein asetetut kysymykset painottuvat enemmän itse tutkimuskysymyksiin ja käytännön sovelluksiin kuin suoraan päätöksenteon tueksi. Näin tässäkin tapauksessa. Esimerkiksi KiertoVesi- ja TOIMI-hankkeissa arvioitiin vesienhoidon toimenpiteiden vaikuttavuutta ja mahdollisten lisätoimenpiteiden tarvetta mallien avulla. Saadut tulokset osoittivat sekä ohjelmakausien yli toteutettujen toimenpiteiden vaikuttavuutta että vesienhoitosuunnitelmien potentiaalia ja alueellisia eroja. Muissa tämän luvun hankkeissa tutkittiin lisäksi kierrätyslannoitevalmisteiden ja muiden vastaavien tuotteiden vaikutuksia maaperän rakenteeseen, viljelykasvien satoihin ja ravinnepäästöihin.

Tuotettuja vesien- ja merenhoidon nykytila- ja skenaarioarvioita voidaan hyödyntää mm. uuden ympäristökorvausjärjestelmän kehittämisessä. Lasketut jo tehtyjen toimenpiteiden vaikutukset antavat hyvän pohjan tälle kehitystyölle. Skenaarioarvioissa tehtyjä laskelmia mm. toimenpiteiden kohdentamisen vaikutuksesta voidaan hyödyntää konkreettisesti, kun arvioidaan esim. alueellisten ratkaisujen painottamista sen sijaan, että korvausjärjestelmä toteutetaan valtakunnallisesti. Muita tässä esiteltyjen hankkeiden tulosten sovelluskohteita ovat:

- Laskettuja skenaariotuloksia voidaan suoraan raportoida Itämeren suojelutyössä, esimerkiksi HELCOM SOM (=Sufficiency of Measures) (<https://helcom.fi/baltic-sea-action-plan/som/>).
- Kierrätyslannoitteiden vertailutuloksia sekä prosessointitekniikoita ja käsittelymenetelmiä voidaan hyödyntää suosituksissa ja tukipolitiikassa.

Maatalouden teknologiset investoinnit ovat aina myös energiatehokkuusinvestointeja. Energiahallintajärjestelmillä voidaan tuottaa tietoa säädettävistä/ohjattavista kohteista ja niiden merkityksestä päätöksenteon pohjaksi. Järkevät energiatehokkuus- ja -omavaraisuusinvestoinnit vaativat joka tapauksessa hyvää kilpailuttamisosaamista ja hyötyvät joukkovoimasta.

## 5.6 Tarpeet jatkotutkimuksille

MATO-tutkimusohjelmassa selvitettiin Kiertotalous-teemaan liittyen lähinnä ravinteiden kiertoa sekä yhdessä hankkeessa maatilojen energiatehokkuutta. Ohjelmassa hiilen kierron tutkimus jäi selvästi vähäisemmäksi. Kierrätyslannoitteiden tutkimus keskittyi pääasiassa satoon ja ravinnehuhtoumiin, ei niinkään maaperän kuntoon. Vaikka uusia tuloksia saatiin, paljon jäi vielä selvittämättä. Alla on listattu hankkeissa esiin nousseita jatkotutkimusteemoja:

- Hankkeissa havaittiin tarve pitkäaikaisille kenttätutkimuksille eri orgaanisten lannoitevalmisteiden käytöstä ja niiden vesistövaikutuksista.
- Kierrätyslannoitteiden vaikutusta maaperän kasvukuntoon tulisi tutkia.
- On tarpeen selvittää käytännön mahdollisuuksia tuottaa tilatasolla neste-faasista höyrystämällä saatavia ns. strippaustuotteita ja kehittää väkeville nestelannoitteille levitystekniikkaa.
- Prosessointi- ja jatkojalostustekniikoiden tutkimusta, erityisesti pilotointeja ja käyttökokemuksia tarvittaisiin lisää.
- Eri viljelykasvien fosforilannoitustarvetta tulisi selvittää kattavin lannoitus-kokein, kestäviä lannoitus-suosituksia ei voida vielä antaa kaikille merkittävillä satokasveille ja uusille lajikkeille.
- Lannan fraktiointia erillisiksi N- ja P-lannoitteiksi tulee edistää ja alan tutkimukseen panostaa.
- Erilaisten viljelytoimenpiteiden vaikutusarviointiin tähtäävien ravinne-kuormitusmallien kehittämistä tulee jatkaa niin, että ne sisältävät enemmän relevantteja, myös kiertotalouteen liittyviä toimenpiteitä.
- Tarvitaan lisätutkimusta, jossa selvitetään ravinteiden poiston potentiaalia kala- ja vesikasvibiomassassa suoraan vesistöistä sekä sitä, kuinka tehokasta se on valuma-aluetoimenpiteisiin verrattuna.

## 5.7 Kirjallisuus

- Bélanger, G., Ziadi, N., Lajeunesse, J., Jouany, C., Virkajarvi, P., Sinaj, S. & Nyiraneza, J. (2017) Phosphorus–nitrogen relationships of forage grasses in response to mineral phosphorus fertilization. *Field Crops Research* 204: 31–41.
- Bernes, C., Carpenter, S.R., Gårdmark, A., Larsson, P., Persson, L., Skov, C., Speed, J.D.M. & van Donk, E. (2015) What is the influence of a reduction of planktivorous and benthivorous fish on water quality in temperate eutrophic lakes? A systematic review. *Environmental Evidence* 4, 7. DOI: 10.1186/s13750-015-0032-9.
- EBC (2012) European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar. European Biochar Foundation (EBC), Arbaz, Switzerland. (<http://European-biochar.org>). Version 8.3E of 1st September 2019.
- Huttunen, I., Huttunen, M., Piirainen, V., Korppoo, M., Lepistö, A., Räike, A., Tattari, S. & Vehviläinen, B. (2016) A national-scale nutrient loading model for Finnish watersheds-VEMALA. *Environmental Modeling & Assessment* 21: 83–109.
- Lehtonen, H. (2001) Principles, structure and application of dynamic regional sector model of Finnish agriculture. *Agrifood Research Finland Economic Research (MTTL) Publications* 98. Agrifood Research Finland, Economic Research (MTTL), Jokioinen, Finland. 265 p.
- Puustinen, M., Turtola, E., Kukkonen, M., Koskiahio, J., Linjama, J., Niinioja, R. & Tattari, S. (2010) VIHMA – A tool for allocation of measures to control erosion and nutrient loading from Finnish agricultural catchments. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 105: 565–579.
- Puustinen, M., Sammalkorpi, I., Tattari, S., Ruuhijärvi, J., Uusitalo, R. & Väisänen, S. (2017) Vesienhoitoa pellossa ja järvessä. *Vesitalous* 58: 30–34.
- Puustinen, M., Tattari, S., Väisänen, S., Virkajärvi, P., Rätty, M., Järvenranta, K., Koskiahio, J., Röman, E., Sammalkorpi, I., Uusitalo, R., Lemola, R., Uusi-Kämpä, J., Lepistö, A., Hjerpe, T., Riihimäki, J. & Ruuhijärvi, J. (2019) Ravinteiden kierrätys alkutuotannossa ja sen vaikutukset vesien tilaan – KiertoVesi -hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 22/2019. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 142 s. (<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/304956>)
- Ruokolainen, J. (2018) Järvien hoitokalastussaaliin hyötykäyttö etenee, terveiset Särkikalat ja kiertotalous – resurssien taloudellinen hyödyntäminen -seminaarista. Vesistökuunnostusverkoston seminaari 28.11.2018.
- Ruokonen, T., Marjomäki, T., Suomi, I., Forsman, T., Keskinen, T. & Karjalainen, J. (2019) Sisävesien talouslajien saalispotentiaali Suomessa. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja. 2/2019, 33 s.
- Sarvala J, Ventelä A-M, Helminen H, Hirvonen A, Saarikari V, Salonen S, Sydänoja A. & Vuorio K. (2000) Restoration of the eutrophicated Köyliönjärvi (SW Finland) through fish removal: whole-lake vs. mesocosm experiences. *Boreal Environment Research* 5: 39–52.
- Søndergaard, M., Liboriussen, L., Pedersen, A.R. & Jeppesen, E. (2008) Lake Restoration by Fish Removal: Short- and Long-Term Effects in 36 Danish Lakes. *Ecosystems* 11: 1291–1305.
- Tattari, S., Koskiahio, J., Kosunen, M., Lepistö, A., Linjama, J. & Puustinen, M. (2017) Nutrient loads from agricultural and forested areas in Finland from 1981 up to 2010 — can the efficiency of undertaken water protection measures seen? *Environmental Monitoring & Assessment* 189: 95.
- Tattari, S. & Puustinen, M. (toim.) (2017) Suositus mallien käytöstä vesien- ja merenhoidossa. Toimivimmat mallityökalut vesistövaikutusten ja ravinteiden kierrätyksen kustannustehokkaaseen hallintaan. Helsinki, Valtioneuvoston kanslia. S. 10-16. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 70 s. ISBN 978-952-287-464-1 (pdf), ISSN 2342-6799 (pdf).
- Valkama, E., Virkajärvi, P., Uusitalo, R., Ylivainio, K. & Turtola, E. (2015) Meta-analysis of grass ley response to phosphorus fertilization in Finland. *Grass and Forage Science* 71: 36–53.
- Ventelä, A-M. & Jori, M. (2018) Tanakka-hanke – kohti taloudellisesti kannattavaa hoitokalastusta. Särkikalat ja kiertotalous – resurssien taloudellinen hyödyntäminen- seminaari. Jyväskylä 28.11.2019.

## 6 Maatalouden moninaiset ekosysteemipalvelut

*Mikko Kuussaari, Jukka Forsman, Emmi Haltia, Janne Heliölä, Sanna Kykkänen, Saara Lind, Marja Maljanen, Olli Niskanen, Eija Pouta, Juha Pöyry, Tuomas Seimola, Annika Tienhaara & Perttu Virkajärvi*

### 6.1 Mitä maatalouden ekosysteemipalveluilla tarkoitetaan?

Ekosysteemipalvelut ovat luonnon prosesseja ja tuotteita, jotka tukevat ihmisen olemassaoloa ja hyvinvointia (Kettunen ym. 2012, Jäppinen & Heliölä 2015). Ne voivat olla aineellisia tai aineettomia hyötyjä. Maailmanlaajuisesti on todettu, että ekosysteemipalveluiden tarjonta on heikentynyt viimeisten 50 vuoden aikana olennaisesti vähentäen myös ihmisen hyvinvointia. Maatalouden ekosysteemit tuottavat hyvinvoinnin kannalta välttämättömiä palveluita, joihin liittyy merkittäviä arvoja. Siksi niiden huomioon ottaminen on tärkeää maatalouden käytännöissä ja politiikkaohjauksessa.

Ekosysteemien toiminnot, mukaan lukien luonnon monimuotoisuus, luovat ekosysteemipalveluita yhdessä ihmisen tarjoamien tuotantopanosten kanssa.

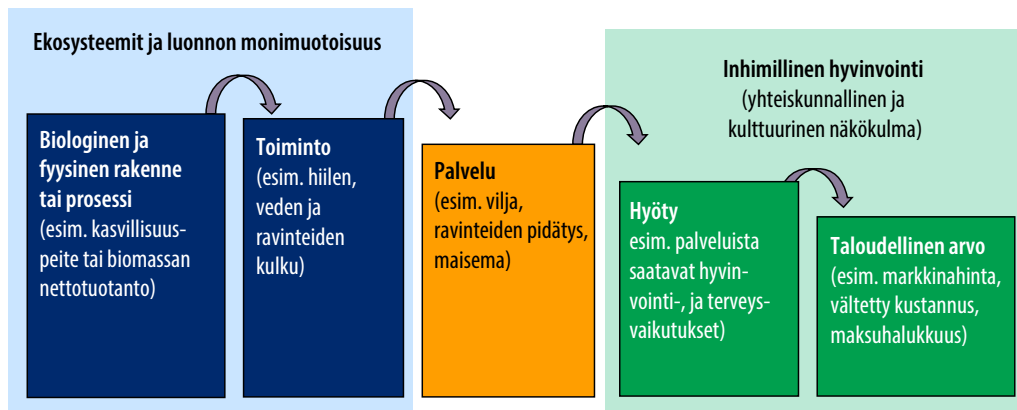
Ekosysteemipalveluiden muodostumista on kuvattu niin sanotulla vaikutusketju-mallilla (de Groot ym. 2010). Vaikutusketjumallissa (Kuvio 6.1) ekosysteemien rakenne, luonnon monimuotoisuus ja ekosysteemien toiminnot, luovat palvelun. Kun on kysymys maatalousympäristöistä, luonnon prosessien tuloksena syntyviä palveluja ei voi useinkaan hyödyntää sellaisenaan, vaan mukana on myös ihmisen tuotantopanos. Palvelut tuottavat ihmiselle tietyn hyödyn, esimerkiksi ruoan merkitys elossapysymiselle on ilmeinen.

Hyödyt voivat olla myös aineettomia, kuten maiseman katselusta saatu mielihyvä. Hyötyjä voidaan luokitella suorasta käytöstä saataviin hyötyihin, epäsuoran käytön kautta syntyviin hyötyihin, tulevaisuuden käyttömahdollisuudesta syntyviin hyötyihin ja puhtaasti ekosysteemien olemassa olostä syntyviin hyötyihin. Osalle ekosysteemien tuottamista hyödyistä löytyy luontevasti arvo perustuen markkinahintoihin. Osa palveluista on julkishyödykkeinä markkinattomia. Niiden arvon määrittäminen on kuitenkin tärkeää, jotta ne voidaan ottaa huomioon oikealla painoarvolla, kun tehdään ekosysteemeihin ja ihmisten hyvinvointiin liittyviä päätöksiä.

Ekosysteemipalveluita voidaan luokitella usein eri tavoin, mutta yleisimmin on käytetty ns. CICES-luokittelua (The Common International Classification of Ecosystem Services;

Taulukko 6.1). Maatalouden tuotantopalvelut, kuten ruoka ja kuitu, sekä niiden arvo tunnetaan hyvin. Sen sijaan kuva sääntely- ja kulttuuripalveluista ja niiden arvosta on vasta muotoutumassa. Sääntelypalvelujen tuottamat hyödyt eivät useinkaan muodostu suoraan vaan muiden ekosysteemipalveluiden kautta; esimerkiksi pölytyspalvelut vaikuttavat ruoan tuotantoon.

**Kuvio 6.1.** Ekosysteemipalveluiden vaikutusketjumalli (Ecosystem service cascade model; de Groot ym. 2010).



Erilaisten ekosysteemipalveluiden tunnistaminen mahdollistaa sellaisen maatalouden ympäristöohjauksen, joka kohdistuu maatalousympäristöstä saataviin hyötyihin. Nykyinen ympäristöohjaus ottaa lähinnä suuntaa-antavasti huomioon viljelijän tuottamat ekosysteemipalvelut, sillä politiikan suunnittelussa painopiste on valittujen toimenpiteiden aiheuttamien kustannusten korvaamisessa. Ekosysteemipalveluihin kohdistuva tutkimus voi tuottaa tietoa, jonka avulla ekosysteemipalveluiden tuottamat hyödyt pystytään nykyistä paremmin sisällyttämään maatalouden ympäristöohjaukseen. Maatalouden ympäristöohjausta voidaan suunnata uudelleen ekosysteemipalveluiden tunnistamisen pohjalta.

**Taulukko 6.1.** Keskeisiä ekosysteemipalveluita maatalousympäristöistä CICES-luokittelun avulla (Jäppinen & Heliölä 2015).

<b>Tuotantopalvelut</b>	<b>Ravitsemus</b>	Maataloustuotanto ja vesiviljely
		Luonnon kasvit ja eläimet sekä niistä saadut tuotteet
		Juomavesi (pinta- ja pohjavesi)
	<b>Materiaalit</b>	Kasveista, levistä ja eläimistä saadut materiaalit
		Kasvien ja eläinten geenivarannot
		Muu käyttövesi kuin juomavesi (pinta- ja pohjavesi)
	<b>Energia</b>	Kasvit ja eläimet energialähteinä
		Eläimet mekaanisen energian tuottajina
<b>Sääntely- ja ylläpitopalvelut</b>	<b>Jätteen sekä myrkyllisten ja muiden haitallisten aineiden sääntely</b>	Jätteiden tai haitallisten aineiden biopuhdistus, suodatus, sidonta, varastointi ja kasautuminen
		Melu-, haju- ja maisemahaittojen lieventäminen
	<b>Virtausten sääntely</b>	Massaliikuntojen sääntely ja eroosiontorjunta
		Vedenkierron sääntely ja tulvasuojelu
		Ilmavirtausten sääntely
	<b>Fyysisten, kemiallisten ja biologisten olosuhteiden ylläpito</b>	Pölytys, siementen levitys
		Lisääntymiskelpoisten populaatioiden ja suojaelinympäristöjen ylläpito
		Tuholaisten ja kasvitautien sääntely
		Sairauksien sääntely
		Maaperän muodostuminen sekä rakenne ja koostumus
		Vedenlaadun ylläpito
		Maapallon ilmaston sääntely
		Paikallis- ja alueellisen ilmaston sääntely
<b>Kulttuuripalvelut</b>	<b>Fyysinen ja älyllinen vuorovaikutus ympäristön kanssa</b>	Luonto virkistysympäristönä
		Luonto tieteen ja opetuksen lähdemateriaalina ja paikkana
		Esteettisyys ja kulttuuriperintö
	<b>Henkinen, vertauskuvallinen ja muu vuorovaikutus ympäristön kanssa</b>	Luonnon henkinen, pyhä, symbolinen tai tunnuskuvaallinen merkitys
		Luonnon itseisarvo ja arvo perintönä seuraaville sukupolville



Tämä voisi esimerkiksi tarkoittaa sitä, että viljelijöille maksettaisiin ekosysteemipalvelujen tuottamisesta koko yhteiskunnalle: ravinnon ja kuitujen tuottamisen lisäksi painopisteenä voisivat olla mm. maisema, luonnon monimuotoisuuteen liittyvät olemassaoloarvot, valuma-alueiden toiminta, hiilivarastot ja tuotannon kestävyys muun muassa ilmastonmuutoksen lisäämiä luonnononnettomuuksia (kuten tulvat ja tautiriskit) vastaan. Monipuolisen ekosysteemipalvelujen tuotannon voidaan olettaa olevan osalle viljelijöistä keskeinen toiminnan motiivi. Ekosysteemipalvelujen tietoinen tuotanto on viljelijän näkökulmasta myös motivoivampaa kuin ympäristöön panostaminen tuen kannustamana välittämättä toimenpiteiden tuottamista yhteiskunnallisista hyödyistä.

Maatalouden ekosysteemipalvelut eivät ole pelkästään elinkeinon ja hallinnon välinen asia. Useiden ekosysteemipalveluiden kysyntä ja arvo muodostuvat ihmisten kokemuksen kautta. Itse ekosysteemipalvelukäsite on ihmislähtöinen, ja se tarkoittaa ihmisten hyvinvointiin vaikuttavia ekosysteemien palveluita. Maatalouden ekosysteemipalveluiden tarkastelu liittyy myös Suomen kansainvälisiin velvollisuuksiin. Se tukee EU:n biodiversiteettistrategian toteuttamista ja vastaa Nagoyan sopimuksen velvoitteisiin. Tietämys ekosysteemipalveluista edistää myös Suomen osallistumista kansainväliseen biodiversiteetti- ja ekosysteemipalvelukartoitukseen (IPBES). Myös kansainvälisessä TEEB-prosessissa ([The Economics of Ecosystems and Biodiversity](#)) maatalous ja ruoka on nostettu erityisteemana esille.

## 6.2 Tietotarpeet ja hankkeissa tarkastellut ekosysteemipalvelut

MATO-ohjelman kuvauksessa ja rahoitushauissa tunnistettuja tietotarpeita ekosysteemipalveluiden osalta olivat esimerkiksi luonnon monimuotoisuuden, maatalousmaiseman ja muiden ekosysteemipalveluiden taloudellinen arvo maaseudulle sekä eri politiikkavälineiden vaikutus ekosysteemipalveluihin. Tutkimusta kaivattiin myös siitä, miten ekosysteemipalvelujen tuottaminen voitaisiin toteuttaa tulevalla rahoituskaudella, sekä luonnonvaraisten lajien aiheuttamista yhteiskunnallisista haitoista. Yhteensä tutkimusohjelmassa rahoitettiin viisi toisiaan täydentävää ekosysteemipalveluihin liittyvää hanketta (Tietolaitikko 6.1). Yksi näistä tarkasteli maatalouden ekosysteemipalveluja laajasti, kolme keskittyi tarkemmin yhteen palveluun ja yksi hanhien maataloudelle aiheuttamiin haittoihin.

MAAESP-hankkeessa luotiin kokonaiskuva maatalousympäristöjen tuottamiin ekosysteemipalveluihin. Tutkimuksessa mitattiin kansalaiskyselyllä maatalousympäristöjen tuottamien ekosysteemipalveluiden kysyntää ja arvoa valittuihin markkinahinnattomiin palveluihin keskittyen sekä selvitettiin viljelijöiden halukkuus kehittää sääntely- ja kulttuuripalveluiden tuotantoa sekä arvioitiin toimista yhteiskunnalle aiheutuvia kustannuksia.

Tutkimuksessa tuotettiin visioita ekosysteemipalvelut huomioon ottavan maatalouspolitiikan kehittämiseen.

**Tietolaatikko 6.1.** Maatalouden ekosysteemipalveluihin keskittyneet hankkeet.

#### Teeman hankkeet:

- **Maatalousympäristöjen ekosysteemipalvelut maatalouspolitiikassa (MAAESP)**, Eija Pouta, Luonnonvarakeskus, 2015–2018 (MMM, MAKERA)
- **Perinnebiotooppien ekosysteemipalvelut ja keinoja päivitys-inventointien kustannustehokkaaseen toteutukseen (PEBI)**, Mikko Kuussaari, Suomen ympäristökeskus, 2015–2016 (YM, TEAS)
- **Suomen pölyttäjähönteiskantojen tila, seuranta ja hyönteispölytyksen taloudellinen merkitys maataloudelle (PÖLYHYÖTY)**, Juha Pöyry, Suomen ympäristökeskus, 2019–2021 (MMM, MAKERA)
- **Nurmi hiilinieluna (JUURIHIILI)**, Perttu Virkajärvi, Luonnonvarakeskus, 2019–2021 (MMM, MAKERA)
- **Valkoposkihanhiin aiheuttamien maatalousvahinkojen ehkäisy (VAME)**, Jukka Forsman, Luonnonvarakeskus, 2019–2022 (MMM, MAKERA)

Tarkemmin yhteen palveluun keskittyneiden hankkeiden aiheina olivat pölytys (PÖLYHYÖTY), hiilensidonta (JUURIHIILI) ja perinnebiotoopit (PEBI). Tätä yhteenvetoa kirjoitettaessa PÖLYHYÖTY- ja JUURIHIILI-hankkeet sekä hanhiin haittoihin keskittynyt VAME-hanke olivat vasta toteutuksensa puolivälissä, eikä niiden lopullisia tuloksia ollut vielä käytettävissä. Seuraavaksi esittelemme ensin laaja-alaisesti maatalouden ekosysteemipalveluita tarkastelleet MAAESP-hankkeen tuloksia ja sen jälkeen neljän muun hankkeen lähestymistavat ja tähän mennessä valmistuneet tulokset. Lisäksi on huomattava, että myös aiemmissa tämän raportin luvuissa on käsitelty maatalouden ekosysteemipalveluita, kuten esimerkiksi maaperän sadontuotto- ja ravinteiden pidättämiseen pelloilla liittyviä kysymyksiä (ks. Luku 4). Aiemmissa luvuissa näkökulma ei kuitenkaan ole ollut yhtä korostuneesti ekosysteemipalveluissa kuin tässä.

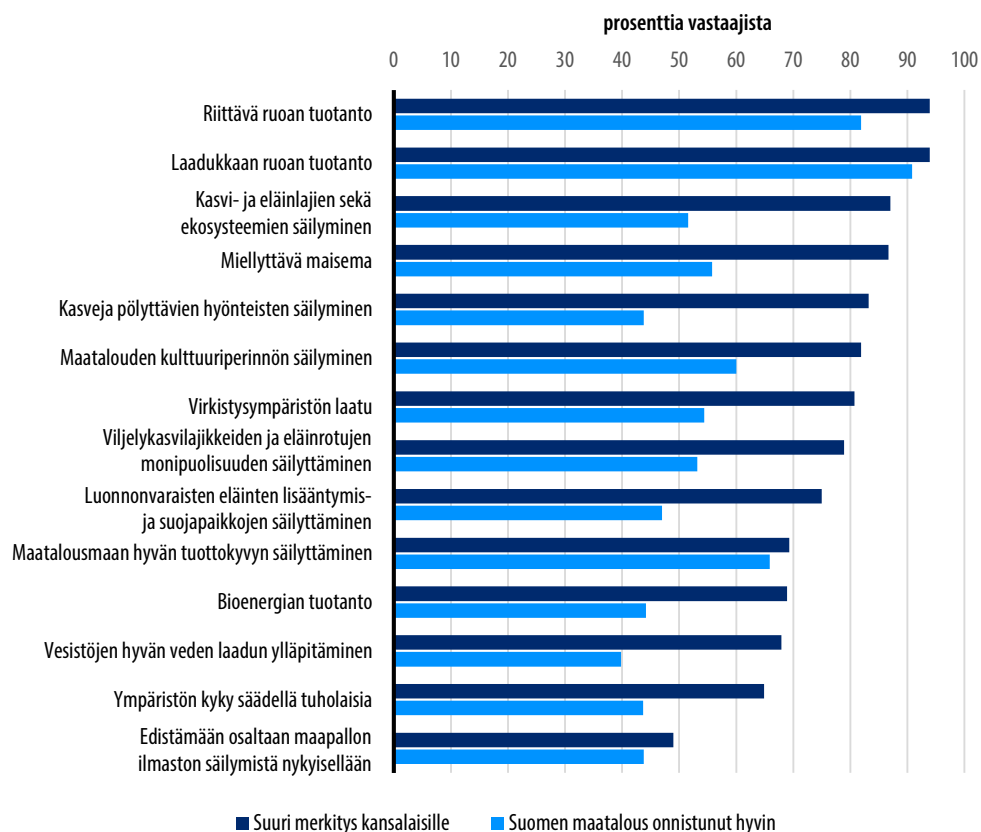
## 6.3 Hankkeiden tulokset

### 6.3.1 Kyselytutkimukset maatalouden ekosysteemipalveluista

**Kansalaisille tärkeät ekosysteemipalvelut ja tyytyväisyys niiden tuotantoon.** Suuri osa maatalousympäristöjen ekosysteemipalveluista on julkishyödykkeitä, joilla ei ole markkinoita. Markkinattomien ekosysteemipalveluiden kysyntä ja arvo muodostuvat ihmisten kokemuksen kautta, ja näin ollen niiden arvon huomioon ottaminen edellyttää tutkimusta. MAAESP-hankkeessa toteutettiin kysely, jossa kansalaiset arvioivat maatalousympäristön ekosysteemipalveluiden tärkeyttä ja Suomen maatalouden onnistumista näiden ekosysteemipalveluiden tuotannossa (Kuvio 6.2).

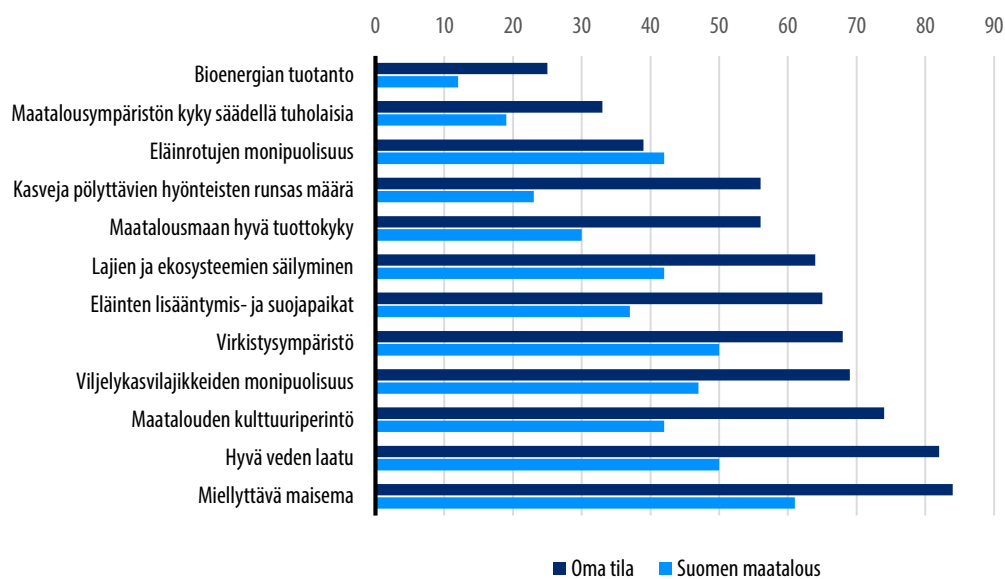
Kyselyn perusteella keskeisimmäksi palveluksi nousi riittävä laadukkaan ruoan tuotanto ja tässä maatalouden katsottiin myös onnistuneen hyvin. Tärkeitä ekosysteemipalveluita, joiden tuotantoon ei oltu tyytyväisiä, olivat luontaisten lajien ja ekosysteemien säilyminen ja kasveja pölyttävien hyönteisten runsaus. Maatalouden maisemaa arvostettiin ekosysteemipalveluna, mutta myös sen laadussa katsottiin olevan parantamisen varaa. Maatalouden vaikutuksista muiden ekosysteemien tuottamiin palveluihin, keskeisimmiksi koettiin vesistöjen hyvän laadun ylläpitäminen, jota 68 prosenttia vastaajista piti erittäin tärkeinä. Lähes puolet vastaajista piti myös lajien säilymiseen liittyviä ja ilmastovaikutuksia erittäin tärkeinä.

**Kuvio 6.2.** Kansalaisten tärkeiksi kokemat ekosysteemipalvelut ja tyytyväisyys niiden tuotantoon.

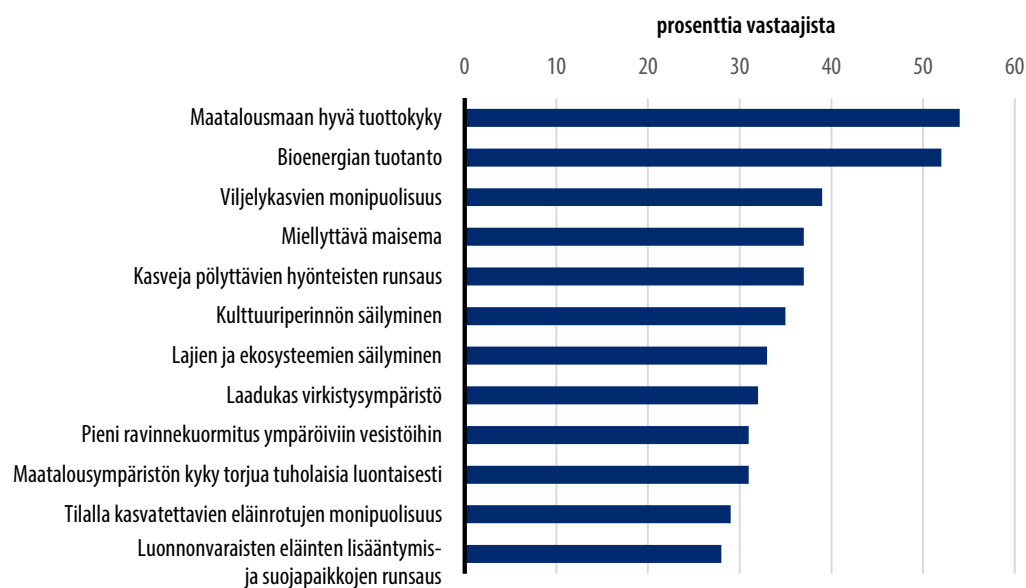


Viljelijöiden kiinnostus ekosysteemipalveluiden tuotantoon. Viljelijöille tehdyssä kyselyssä vastaajat arvioivat ekosysteemipalveluiden tarjonnan toteutumista sekä oman tilansa osalta että Suomen maataloudessa yleisesti. Enemmistö vastaajista koki erityisesti miellyttävän maiseman luomisen ja hyvän veden laadun ylläpitämisen toteutuneen hyvin omalla maatilallaan (Kuvio 6.3). Onnistumista pidettiin heikoimpana bioenergian tuotannossa, ympäristön kyvyssä säädellä tuholaisia ja tilalla kasvatettavien eläinrotujen monipuolisuudessa. Eläinrotujen monipuolisuus oli ainoa ekosysteemipalvelu, jossa Suomen maatalouden nähtiin yleisesti onnistuneen paremmin kuin miten omalla tilalla on onnistuttu. Kaikkien muiden ekosysteemipalveluiden osalta oman maatalon tilanne arvioitiin yleensä huomattavasti paremmaksi kuin tilanne Suomen maataloudessa yleensä.

**Kuvio 6.3.** Viljelijöiden näkemys siitä, kuinka hyvin eri ekosysteemipalveluiden tarjonta toteutuu heidän omalla tilallaan ja Suomen maataloudessa yleisesti (osuus vastaajista, joiden mukaan onnistunut erittäin tai melko hyvin, %).



**Kuvio 6.4.** Osuus viljelijöistä, joilla mielestään on tilallaan mahdollisuuksia lisätä ekosysteemipalveluiden tarjontaa.

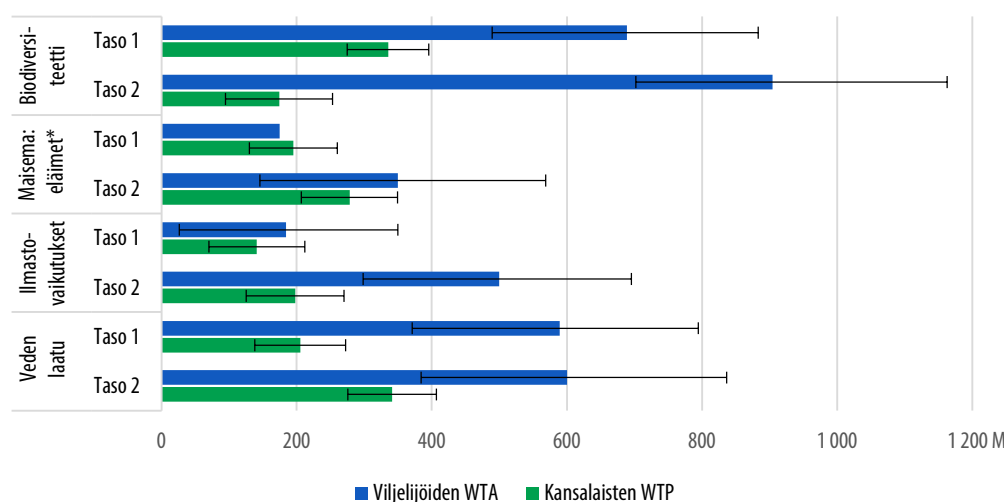


Vastanneet viljelijät kokivat, että heillä on mahdollisuuksia parantaa tilallaan erityisesti maatalousmaan tuottokykyä ja bioenergian tuotantoa (Kuvio 6.4). Vähiten parannusmahdollisuuksia nähtiin luonnonvaraisten eläinten lisääntymis- ja suojapaikkojen lisäämisessä sekä tilalla kasvatettavien eläinrotujen monipuolistamisessa. Myös MAAESP-hankkeessa toteutetuissa työpajoissa viljelijöiden kiinnostus peltomaahan ja sen ominaisuuksiin liittyviin ekosysteemipalveluihin korostui.

### Ekosysteemipalveluiden kysyntä ja arvo, tarjontahalukkuus ja politiikkavaihtoehdot.

MAAESP-hankkeessa arvotettiin ekosysteemipalveluiden tilan parannuksia käyttäen valintakoemenetelmää, jolla tutkitaan suoraan ihmisten arvostuksia valintatilanteiden avulla. Tutkimus osoitti, että kansalaisten toiveet ekosysteemipalveluista ja ympäristön laadusta vaihtelivat paljon ja niiden perusteella kansalaiset voitiin jakaa ryhmiin. Ryhmät olivat: ympäristölähtöiset, puntaroijat, kustannusherät, nykytilan kannattajat sekä satunnaiset. Kansalaiset olivat valmiita maksamaan erityisesti luonnon monimuotoisuudesta, maisemahyödyistä ja pintavesien laadun parantamisesta (Tienhaara ym. 2020). Viljelijöistä 82 prosenttia oli halukkaita pienentämään tilansa ravinnehuuhtoumaa korvausta vastaan. Myös monivuotisten kasvien viljelypinta-alan lisääminen korvausta vastaan oli suosittua ja siihen oli halukkaita 76 prosenttia viljelijöistä. Halukkuus tarjota perinnebiotooppeja ja lisätä niiden pinta-alaa oli vähäisintä, mutta lähes puolet viljelijöistä oli halukkaita myös siihen.

**Kuvio 6.5.** Kuluttajien kokonaismaksuhalukkuus (WTP) ja viljelijöiden kompensatiovaatimus yhteensä (WTA) eri ekosysteemipalveluista (\*laiduntavat eläimet maisemassa kotieläintiloilla).



Kansalaisten maksuhalukkuutta (WTP) ja viljelijöiden kompensatiovaatimusta (WTA) eri ekosysteemipalveluista verrattiin suppeammalla (taso 1) ja laajemmalla (taso 2) tarjonnan tasolla (Kuvio 6.5). Molemmat tasot kasvattivat ekosysteemipalveluiden tarjontaa nykyiseen verrattuna (Tienhaara ym. 2020). Tulosten mukaan luonnon monimuotoisuudelle on suuri kysyntä, mutta siihen kohdistuu viljelijöiden puolelta suuri korvausvaatimus. Myös veden laatua koskevat viljelijöiden kompensatiovaatimukset ovat korkeat, noin kaksi- tai kolminkertaiset kansalaisten maksuhalukkuuteen verrattuna. WTP- ja WTA-arviot suppeammalle ilmastovaikutusten tasolle sekä tuotantoeläimille maisemassa ovat lähempänä toisiaan. Kansalaisten maksuhalukkuus jopa ylittää korvausvaatimuksen maisema-attribuutin alemmalla tasolla. Viljelijöistä 27 prosenttia oli valmiita tuottamaan ekosysteemipalveluita kansalaisten maksuhalukkuuden mukaisella korvaussummalla.

Kun tutkittiin viljelijöiden halukkuutta tuottaa ekosysteemipalveluja, havaittiin selkeitä toisistaan eroavia viljelijäryhmiä (Niskanen ym. 2021). Ryhmät havainnollistavat keille ekosysteemipalveluiden tuotannon tukea voisi kohdistaa. Lähes puolet (49 %) viljelijöistä oli halukkaita tuottamaan ekosysteemipalveluja tulospäätöksellään vain huomattavan suurella korvaustasolla. Nämä tilat olivat suuria, yrittäjät nuoria ja suurin osa tuloista tuli maataloudesta. Neljännes (24 %) viljelijöistä halusi pysyä ekosysteemipalveluiden tuotannon suhteen nykyisellä tasolla ja kannattivat nykyistä ympäristöpolitiikkaa. He välttivät politiikkamuutosten tukemista. Viidesosa viljelijöistä (19 %) suhtautui erityisen myönteisesti ekosysteemipalveluiden tuotantoon. Näillä viljelijöillä oli tyypillisesti voimassa olevia ympäristösopimuksia ja maataloudella oli tärkeä osuus heidän tulonmuodostuksessaan. Kaikilla kolmella ensimmäisellä viljelijäryhmällä korvausvaatimukset ekosysteemipalveluiden tuotannosta ylittivät nykyisen ympäristökorvauksen tason. Neljäs luokka (6 %) oli halukas ekosysteemipalveluiden tuotantoon hyvinkin matalalla korvaustasolla. He olivat asenteiltaan ympäristöorientoituneita, keskimääräistä useammin luomutuottajia tai karjatilanomistajia. Heille maataloudentuloilla oli vähäisempi merkitys.

Yksi paljon keskusteltu mahdollisuus edistää ekosysteemipalvelujen tuotantoa on tulostai hyötyperusteinen maatalouden ympäristöpolitiikka, jolloin viljelijöille maksettaisiin esimerkiksi maisemaan, monimuotoisuuteen, valuma-alueiden toimintaan ja hiilivarastoihin liittyvistä ekosysteemipalveluista. Viljelijöille ja kansalaisille suunnatussa kyselytutkimuksessa viljelijät pitivät nykyistä ohjelmaa annettujen tietojen valossa parempana keinona parantaa ympäristön tilaa. Sitä pidettiin myös oikeudenmukaisempana kuin hyötylähtöistä ohjelmaa ja sen ajateltiin edellyttävän vähemmän valvontaa verrattuna hyötylähtöiseen ohjelmaan. Kansalaiset puolestaan kokivat hyötylähtöisen ohjelman monessa suhteessa parempana (Vainio ym. 2019).

### 6.3.2 Pölytyspalveluiden tilanne Suomessa

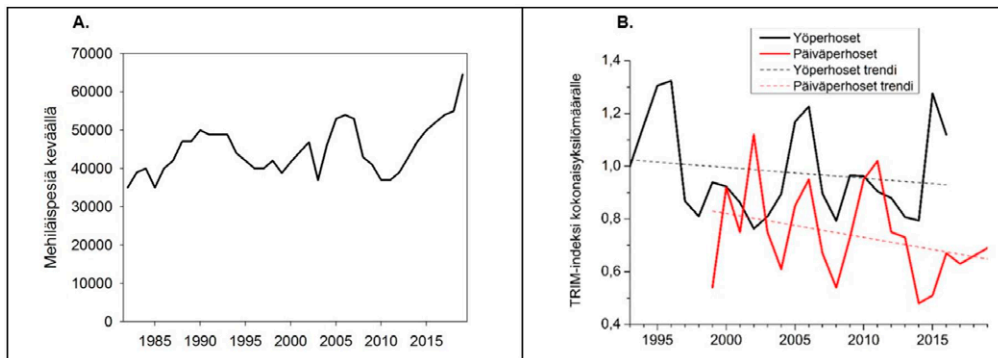
Pölytyspalvelut ovat yksi maailmalla eniten tutkituista ekosysteemipalveluista (IPBES 2016). Näin luultavasti siksi, että hyönteisten ja muiden eläinten suorittama viljelykasvien pölytys on helposti ymmärrettävissä oleva luonnon ihmiselle tuottama palvelu, jonka taloudellista arvoa voidaan melko helposti mitata. Pölyttäjillä on myös suuri merkitys maailman ruoan tuotannolle, sillä yli 75 % maapallon tärkeimmistä ruokakasveista on sadon määrän ja/tai laadun suhteen riippuvaisia eläinpölytyksestä (Klein ym. 2007). Silti Suomessa pölyttäjiin ja pölytykseen liittyvä tutkimus on ollut viime vuosiin asti vähäistä. PÖLYHYÖTY-hankkeen tavoitteeksi asetettiin ajantasaisen tiedon kerääminen pölyttäjien ja pölytyksen tilanteesta Suomessa. Tarkemmin ottaen hankkeessa pyritään vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Miten luonnonvaraisten ja tarhattujen pölyttäjähönteisten kannat ovat kehittyneet viime vuosikymmeninä Suomessa?
- Miten pölyttäjähönteiskantojen seuranta voitaisiin jatkossa järjestää?
- Missä määrin mehiläistarhaajat tarjoavat pölytyspalveluita viljelijöille?
- Mikä on viljelykasvien pölytyksen taloudellinen arvo Suomessa?

Pölyttäjien kannankehitystä arvioitaessa ensimmäiseksi on määriteltävä, mitkä lajit ovat tärkeimpiä pölyttäjiä. Tutkimusten pohjalta Suomessa tärkeimpinä pölyttäjinä voidaan pitää kimalaisia, tarhamehiläistä, erakkomehiläisiä, kukkakärpäsiä sekä vähemmässä määrin muita kukilla käyviä hyönteisiä, kuten perhosia ja kukkajääriä. Pölyttäjien kannankehitystä arvioitaessa ongelmallista niin Suomessa kuin muuallakin Euroopassa on se, että tarhamehiläistä ja perhosia lukuun ottamatta pölyttäjien runsaudesta ei ole kunnollista seurantatietoa. PÖLYHYÖTY-hankkeessa tärkeimpien luonnonvaraisten pölyttäjälajien kannankehitystä joudutaankin arvioimaan lähinnä museoiden eri vuosikymmeniltä olevien kokoelma-aineistojen sekä kansalaishavaintoihin pohjautuvien levinneisyystietojen perusteella. Lajien yksilörunsauden muutoksista tällaiset aineistot tuottavat parhaimmillaankin vain suuntaa antavaa tietoa. Tarhamehiläisen sekä päivä- ja yöperhosten kohdalla tiedon taso on paljon parempi, sillä Suomen Mehiläishoitajain Liitolta löytyy varsin kattavat vuosittaiset tilastot tarhamehiläispesien määrästä eri vuosikymmenillä. Lisäksi perhosista on olemassa kansalaishavainnointiin perustuvaa luotettavaa vuosittaista seurantatietoa 20–30 viime vuodelta. Seurantatulosten perusteella sekä päivä- että yöperhosten runsaus on parinkymmenen viime vuoden aikana lievästi laskenut (Kuvio 6.6).

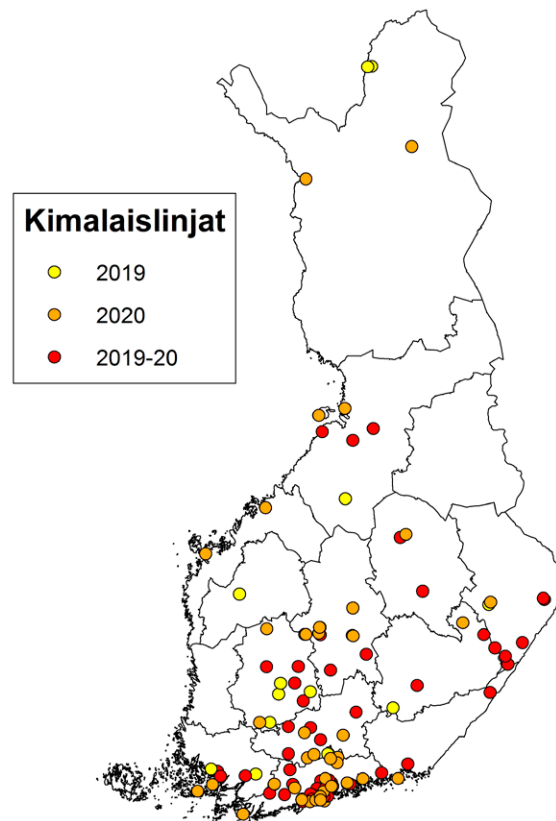


**Kuvio 6.6.** A) Tarhamehiläispesien määrän sekä B) päivä- ja yöperhosten runsauden kehitys Suomessa. Tarhamehiläispesien tiedot on saatu Suomen Mehiläishoitajain Liitolta. Päiväperhostiedot perustuvat vuosittain keskimäärin 10 kertaa kesässä toistettuihin laskentoihin vakiolinjoilta (Heliölä ym. 2010) ja yöperhostiedot läpi kesän samoilla paikoilla vuodesta toiseen toiminnassa olleisiin valopyydyksiin (Leinonen ym. 2016).



Yksi Euroopan Unionin vuonna 2018 tekemän pölyttäjälaitteen (European Commission 2018) tärkeimmistä tavoitteista jäsenmailleen on kansallisen pölyttäjäseurannan aloittaminen. PÖLYHYÖTY-hankkeessa on selvitetty, miten kimalaisten vuosittaisen runsauden seuranta olisi järjestettävissä Suomessa kansalaishavainnointiin pohjautuvan linjalaskennan avulla. Vuosina 2019 ja 2020 kimalaisseurantaa pilotoitiin vapaaehtoisten kansalaisten työpanokseen perustuen yhteensä yli sadalla laskentalinjalla eri puolilla Suomea (Kuvio 6.7).

**Kuvio 6.7.** Kimalaisten seurantalinjojen sijoittuminen Suomen eri osiin vuosina 2019–2020 toteutetussa pilottihankkeessa. Vapaaehtoiset kansalaiset laskivat kimalaisia omilta vakiolinjoiltaan keskimäärin kuudesti kesän aikana.

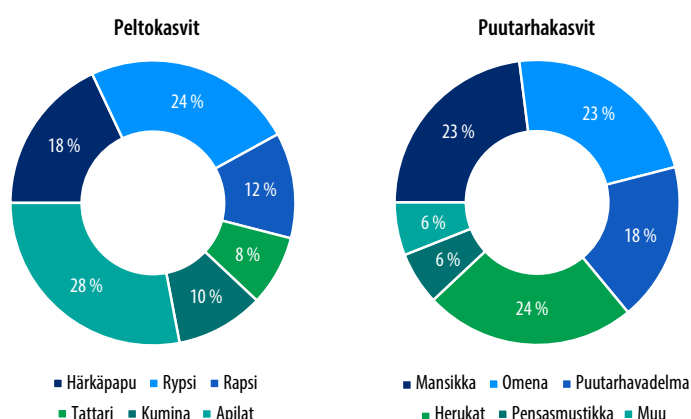


Seurantaan mukaan halukkaiden kansalaisten suuri määrä yllätti hankkeen tutkijat, ja ensimmäisten vuosien seurantatulokset ovat olleet lupaavia. Pysyvän pölyttäjaseurannan kannalta suurin haaste on vuosittaisen rahoituksen järjestäminen seurannan koordinaatiolle. Hyvin onnistuneen seurannan pilotoinnin pohjalta PÖLYHYÖTY-hanke kykenee tuottamaan perustellut laskelmat sille, kuinka paljon resursseja pysyvän seurannan pyörittäminen käytännössä vaatisi.

Luonnonvaraisten pölyttäjien rinnalla tarhamehiläisellä on suuri merkitys viljelykasvien pölyttäjinä, koska tarhamehiläisen pesiä voidaan sijoittaa viljelysten laitamille juuri sellaisille alueille, missä pölyttäjiä tarvitaan suuria määriä viljelykasvien pölyttämiseksi. Suomalaisille mehiläistarhaajille talvella 2020 tehdystä laajasta kyselyssä puolet vastanneista tarhaajista ilmoitti tarjonneensa pölytyspalvelua maataloille (Holopainen 2020). Kyselyssä selvisi, että mehiläispölytystä hyödynnetään peltokasveista eniten apilan, rypsin, härkäpavun

ja kuminan viljelyssä ja puutarhakasveista pölytyspalveluita käytetään useimmiten mansikan, omenan, herukoiden ja puutarhavadelman tuotannossa (Kuvio 6.8). Pölytyspalveluja tarjoavat pääosin nuorehkot mehiläistarhaajat, joille tarhaus on pääelinkeino. Vastausten perusteella pölytyspalvelut nähdään kannattavana toimintana, joka tasaa hunajasadon vaihtelusta johtuvaa tulojen heilahtelua. Tarhamehiläisen käyttö hyönteispölytteisten kasvien viljelyn apuna on lisääntynyt viimeisen 10 vuoden aikana hyönteispölytteisten kasvien viljelyalan kasvun myötä samalla, kun myös tietämys pölytyksen tuomasta sadonlisäyksestä on parantunut.

**Kuvio 6.8.** Pölytyspalveluiden käyttö pelto- ja puutarhakasveilla mehiläistarhaajien vastausten perusteella. Prosenttiosuudet kertovat kunkin viljelykasvin osuuden pölytyspalveluiden tarjonnasta.



Viljelykasvien hyönteispölytyksen taloudellinen arvo voidaan laskea, jos hyönteispölytteisten kasvien sadon riippuvuus hyönteispölytyksestä (= pölytyksen tuoma sadonlisäys) sekä kyseisten viljelykasvien viljelypinta-ala tunnetaan. Aihetta on tutkittu maailmalla paljon (IPBES 2016), mutta myös Suomessa useat eri tahot ovat selvittäneet meillä tärkeiden viljelykasvien riippuvuutta hyönteispölytyksestä. Yleisimmin asiaa on selvitetty kenttäkokein peittämällä osa tutkituista viljelykasveista ennen niiden kukintaa häkillä, joka estää hyönteisten pääsyn pölyttämään kukkia. Näiden häkkien ilman pölyttäjähönteisiä tuottamaa satoa on verrattu kasvin satoon häkkiä ympäröivillä alueilla, joilla pölyttäjillä on ollut vapaa pääsy kukille. Usein lisäksi on erikseen tutkittu maksimaalisen hyönteispölytyksen tuottamaa satoa lisäämällä häkkikasvatuksiin kukinnan aikaan tarhamehiläisiä. On huomattava, että eri paikoilla ja eri vuosina tehtyjen kokeiden tuloksiin vaikuttavat myös monet ympäristötekijät (kuten sää ja koealueen ympäristö) ja siksi tulokset vaihtelevat eri kokeiden välillä. Luotettavin arvio sadon riippuvuudesta hyönteispölytyksestä saadaan yhdistämällä tiedot useasta eri kenttäkokeesta.

**Taulukko 6.2.** Tärkeimmät Suomessa viljeltävät hyönteispölytteiset pelto- ja puutarhakasvit, niiden riippuvuus hyönteispölytyksestä ja viljelyala vuonna 2017.

Viljelykasvi	Riippuvuus hyönteis- pölytyksestä % * (Lehtonen 2012)	Viljelyala Suomessa vuonna 2017 (ha)
<b>Peltokasvit</b>		
Rapsi	10	36 778
Rypsi	80	28 427
Kumina	100	24 056
Härkäpapu	30	22 113
Tattari	90	2 043
Öljypellava	10	1 209
Puna-apila (siemen)	100	615
<b>Puutarhakasvit</b>		
Mansikka	20	3 804
Herukat	70	1 788
Omena	90	691
Vadelma	60	433
Avomaankurkku	90	167
Pensasmustikka	100	86
Kesäkurpitsa	90	59

\* = Kuinka suuri osa sadosta on riippuvainen hyönteispölytyksestä

PÖLYHYÖTY-hankkeessa kootaan yhteen Suomessa tehtyjen pölytyskokeiden tulokset ja päivitetään arviot hyönteispölytyksen taloudellisesta arvosta Suomen maataloudelle otta-  
malla huomioon monien viime vuosina tehtyjen pölytyskokeiden tulokset. Aiempien tut-  
kimusten pohjalta on arvioitu, että hyönteispölytyksen taloudellinen arvo Suomen maa-  
taloudelle olisi yli 20 miljoonaa euroa (Lehtonen 2012). PÖLYHYÖTY-työn ollessa kesken  
päivitettyä arviota pölytyksen arvosta ei ole vielä käytettävissä. Karkealla tasolla viljelyla-  
jikohtaiset tulokset kuitenkin jo tiedetään (Taulukko 6.2). Peltokasveista erityisen paljon  
hyönteispölytyksestä riippuvaisia ovat rypsi, kumina sekä tattari ja puutarhakasveista he-  
rukat, vadelma, pensasmustikka ja omena sekä muut hedelmäpuut. Mansikan osalta hyön-  
teispölytyksen arvoa lisää sen huomattava marjojen laatua kasvattava vaikutus.

### 6.3.3 Nurmipeltojen hiilensidonta

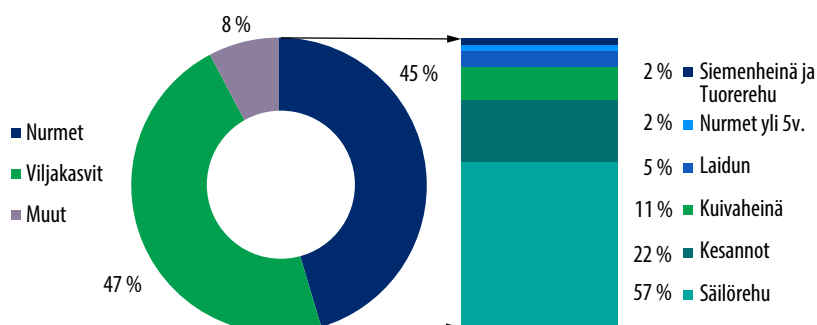
Nurmien viljely tuottaa monia ekosysteemipalveluita. Riippuen nurmityypistä ja sen lajistosta, nurmet voivat esimerkiksi lisätä tai ylläpitää maan hyvää rakennetta ja biologista aktiivisuutta, hillitä eroosiota, lisätä lajistollista monimuotoisuutta, tarjota pölyttäville hyönteisille ravintoa, sekä olla osana moninaista maatalousmaisemaa. Myös nurmiviljelyn potentiaali sitoa tai hidastaa hiilen vapautumista peltomaasta on yksi nurmien ekosysteemipalveluista. JuuriHiili-hankkeessa selvitetään säilörehunurmien hiilensidontapotentiaalia kivennäismailla.

Maaperän hiilivarastot ovat huvenneet Suomen maatalousmaissa. Vähentäminen on ollut kivennäispeltoilla keskimäärin 220 kg C/ha/v aikavälillä 1974–2009, mikä tarkoittaa noin 0,4 % kokonaisalenemaa (Heikkinen ym. 2013). Turvemaiden osalta vastaavaa laskentaa ei ole tehty, mutta varmaa on, että turvemaiden hiilikato on moninkertainen kivennäismaihin nähden (Regina ym. 2015). Potentiaalia maatalousmaiden hiilivarojen kasvatamiseen on monivuotisissa, syväjuurisissa ja runsaasti maanalaista biomassaa tuottavissa kasveissa eli erityisesti nurmissa (Heikkinen ym. 2013). Nurmiviljelyssä myös karjanlannan käytön nähdään lisäävän hiilensidontapotentiaalia (Kallenbach ym. 2016). Kansallisten kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisen lisäksi mahdollinen hiilen sidonta vaikuttaa tuotekohtaisiin hiilijalanjälkiin sekä parantaa peltomaiden kasvukuntoa.

Suomen maa- ja puutarhatalouden tuotosta noin 40 % perustuu nurmipohjaiseen maidon ja lihan tuotantoon (Ruokatietoyhdistys 2020): nurmen viljely onkin Suomen yleisin peltojen käyttömuoto. Suomessa viljeltiin noin miljoona hehtaaria nurmea vuonna 2019, mikä on noin 45 % maatalousmaasta (Kuvio 6.9). Tästä lähes 80 % oli rehunurmea ja loput rehuntuotannon ulkopuolella olevia siemenviljelyksiä, kesantoja ja maanparannuskasvustoja. Nurmien vahva rooli johtuu kasvukaudestamme, jonka lyhyys ja viileys rajoittavat useiden proteiinipitoisten kasvien laajamittaista tuotantoa. Nurmet ovat kotoisen ruoantuotannon kannalta merkittäviä, mutta samalla siihen pohjautuvan märehijätuotannon (maito ja naudanliha) osuus maataloutemme kasvihuonekaasupäästöistä on huomattava.

Suomessa, kuten muillakin pohjoisilla mailla, märehijätuotanto perustuu ennen kaikkea lyhytkiertoiseen säilörehunurmeen. Yleisimpiä ja satovarmimpia rehunurmikasvejamme ovat timotei, nurminata, ruokonata ja puna-apila. Yleensä näitä viljellään seoksina, joista tyypillisin on timotei-nurminataseos. Lyhytkiertoisten nurmien perustamisvuotena tyypillisin satokasvi on ohra, joka toimii nurmen nk. suojakasvina. Varsinaisia nurmisatovuosia on perustamisvuoden jälkeen keskimäärin kolme, sillä nurmien sadontuottokyky heikkenee erityisesti talvituhojen ja nurmikasvilajiemme lyhytikäisyyden vuoksi. Nurmien uudistamisen yhteydessä pellot perinteisesti kynnetään. Kyntäminen työvaiheena on tärkeä sillä se valmistaa maata kylvöä vasten ja mm. kuohkeuttaa tiivistynyttä maata, multaa jäljellä olevat kasvit, auttaa rikkakasvien torjunnassa sekä mahdollistaa karjanlannan (erityisesti kuivalannan) multauksen perustamisvuotena.

**Kuvio 6.9.** Käytössä oleva maatalousmaa vuonna 2019 sekä nurmipinta-alan jakautuminen käytön mukaan.



Kyntö myös purkaa maahan muodostuneita hiilivarastoja, koska kynnön jälkeen maa on ilman kasvipeitettä ja muokkaus itsessään nopeuttaa orgaanisen aineksen hajoamista. Yleisesti ottaen kyntö poistaa kaiken yhteyttävän kasvuston muuttaen pellon hetkellisesti hiilidioksidin lähteeksi ilman kasvien hiilen sidontaa. Lanhkeassa ilmastossa kynnön aiheuttama hiilidioksidipäästön lisäys ja sitä kautta hiilivaraston väheneminen pysyvän nurmen uudistuksen jälkeen voi kestää 2–3 vuotta (Ammann ym. 2020). Toisaalta taas päästölisäys voi olla lyhytaikainen (Rutledge ym. 2017), mitä ilmeisesti edesauttaa ilmaston viileys ja vähähappiset olosuhteet maassa (MacDonald ym. 2010). Suomen oloista ja lyhytkiertoisilta nurmilta vastaavia tutkimuksia ei ole saatavilla.

Nykytiedon perusteella kasvien juuristot vaikuttavat merkittävästi maaperän hiilivarastojen muodostumiseen. Juuristo ja juurieritteet tuottavat suuren osan maahan päätyvästä hiilipitoisesta orgaanisesta aineksesta, mikä hajoaa maan päällistä massaa hitaammin ja osallistuu orgaanisen aineksen vakauttamiseen mm. edistämällä maa-aggregaattien muodostumista, jotka puolestaan suojaavat orgaanista ainesta hajotukselta. Juuristot poikkeavat eri kasvilajien välillä (mm. määrä, rakenne, koostumus). Myös viljelytoimenpiteet kuten sadonkorjuu, lannoitus ja niittokorkeus vaikuttavat juuriston määrään ja profiiliin, mutta näistä ilmiöistä tiedetään vähän. Maan hiilivarojen kannalta keskeisimpiä ominaisuuksia ovat juuriston massa, sen hiilipitoisuus ja hajotuskestävyys sekä juuriston syvyysprofiili.

Maatalouspolitiikan kehittämisen kannalta olisi eduksi, jos pystyttäisiin luomaan selkeitä indikaattoreita, joiden perusteella voitaisiin arvioida yksittäisen peltolohkon hiilensidontaa. Hiilensidontan prosessit ovat kuitenkin monimutkaisia, joten yksiselitteisiä hiilensidontan indikaattoreita on vaikea tunnistaa. Voidaan kuitenkin listata tekijöitä, jotka aina tai lähes aina ovat eduksi maan hiilipitoisuuden nostamiselle tai säilyttämiselle, kuten esimerkiksi:

- Maan alhainen multavuus alussa

- Maan korkea savespitoisuus
- Vähäinen ja harvoin toistuva muokkaus
- Mahdollisimman pitkään kestävä kasvipeitteisyys
- Tehokkaaseen yhteyttämiseen kykenevä kasvusto
- Syväjuuriset kasvit
- Todennäköisesti kasvuston monilajisuus, etenkin kasvilajien funktionaalinen monimuotoisuus (syväjuuriset, matalajuuriset, palkokasvit)
- Orgaanisten lannoitteiden käyttö

Satotaso ei ilmaise yksiselitteisesti maan hiilipitoisuuden muutoksia, sillä sadon poistuessa peltoekosysteemistä myös suuri osa yhteyttämässä kertyneestä hiilestä poistuu (Lind ym. 2020). Tuotantonurmien kohdalla hiilensidonta on suhteessa tuotettuun rehumäärään ja sen laatuun, ja edelleen maito- tai lihatuotokseen. Tuotantonurmella sadontuottokyky ja sadon säilönnällinen sekä ravitsemuksellinen laatu ovat tärkeitä tavoitteita, sillä eläimille huonosti maittava tai pilaantunut rehu vie turhaan resursseja ja voi lisätä päästöjä muualla tuotantoketjussa. Maan orgaanisen hiilen varastoja lisättäessä on erittäin tärkeää huomioida toimenpiteiden kokonaisvaikutukset, kuten vaikutukset peltomaiden typpioksidipäästöihin sekä märehdinnän ja lannan päästöihin.

JuuriHiili-tutkimuksessa selvitetään:

- Miten nurmien kevätkyntö ja nurmen ikä vaikuttavat nurmen ja nurmikierron kasvihuonekaasuvirtoihin ja edelleen maan hiilivarastoihin?
- Mikä on nurmikasvustojen juuriston vuotuinen hiilisyöte ja eroavatko eri nurmikasvilajien juuriston hiilisyötteen määrällisesti tai laadullisesti toisistaan?
- Millaisilla indikaattoreilla karjatilan hiilensidontaa voidaan mitata?

### 6.3.4 Maatalouden kulttuuriperinnön säilyttäminen ja perinnebiotooppien tarjoamat ekosysteemipalvelut

Ekosysteemipalveluilla tarkoitetaan kaikkia niitä erilaisia hyötyjä ja etuja, joita ihmiset saavat luonnonympäristöistä, tässä tapauksessa perinnebiotoopeista. Näiden hyötyjen määrittäminen on tarpeen, koska sekä päätöksentekijät että kansalaiset tarvitsevat selkokielisiä perusteluja sille, että perinnebiotooppeja ylläpidetään merkittävältä osin yhteiskunnan varoilla. Ekosysteemipalvelujen käsitteen avulla nämä perinnebiotoopeista saatavat edut ja hyödyt voidaan tuoda paremmin näkyviksi. Tämä on tarpeen etenkin siksi, että useimmat näistä hyödyistä on aineettomina ja hinnattomina koettu itsestään selvinä – etuina, joista kenenkään ei tarvitse maksaa, ja joita ei siksi osata riittävästi arvostaa.

Perinnebiotooppien, tai laueammin tulkittuna luonnonlaitumien tarjoamat eri ekosysteemi-palvelut määriteltiin tässä hankkeessa jo edellä mainitun CICES-luokittelun (<http://cices.eu>) mukaan. Eri ekosysteemipalvelut sekä arvio kunkin suhteellisesta merkityksestä on esitetty Taulukossa 6.3, ja niiden sisältöä kuvaillaan alla yksityiskohtaisemmin kunkin pääluokan osalta.

**Tuotantopalvelut.** Perinnebiotooppien tarjoamien erilaisten hyötyjen määrää tai arvoa pohdittaessa tulee pitää mielessä niiden pieni kokonaisala. Vuonna 2018 erilaisia perinnebiotooppeja oli ympäristösopimusten kautta hoidossa noin 33 000 hehtaaria, joten niiden merkitys maataloustuotannolle on marginaalinen (Taulukko 6.3). Niillä on kuitenkin vähintäänkin paikallisesti suurempaa merkitystä laadukkaiden erityistuotteiden (eettisesti tuotetun, luomu- tai lähiruokan ja/tai ns. niittylihan) kautta. Nämä tuotteet myydään usein suoramyyntinä, joten luotettavaa tietoa niiden myyntimääristä tai yhteisarvosta on vaikea saada. Koska kuluttajien ympäristötietoisuus on kasvussa, näiden tuotteiden markkinaisuus nousee entisestään.

**Taulukko 6.3.** Perinnebiotooppien tarjoamat ekosysteemipalvelut CICES-luokittelun mukaan ryhmiteltyinä. Merkinät +...+++ indikoivat perinnebiotooppien suhteellista merkitystä kyseisen palvelun kannalta.

ES-palveluiden pääluokka	Tarkempi alaryhmä	Suhteellinen merkitys	Mitä tarkoittaa?
Tuotantopalvelut	Maataloustuotanto ja vesiviljely	+ (++)	Tuotteet laiduneläimistä (eettinen/lähiuoka)
	Luonnonkasveista ja -eläimistä saadut tuotteet	+	Luonnonmarjat, sienet, käävät; riista
	Kasveista, levistä ja eläimistä saadut materiaalit ja geenivarannot	+	Villa, taljat; käsitöiden raaka-aineet; alkuperäisrotujen ylläpito
	Muu käyttövesi kuin juomavesi	(-)	(rantalaidunnus vs. uimaveden laatu)



ES-palveluiden pääluokka	Tarkempi alaryhmä	Suhteellinen merkitys	Mitä tarkoittaa?
<b>Säätely- ja ylläpitopalvelut</b>	Massaliikuntojen säätely ja erosiontorjunta	+	(rantalaitumilla)
	Vedenkierron säätely ja tulvasuojelu	+	(rantalaitumilla)
	Pölytys, siementen levitys	+	Pölyttäjien suosimia ympäristöjä
	Lisääntymiskelpoisten populaatioiden ja suojaelinympäristöjen ylläpito	++	Luonnonvaraiset kasvi- ja eläinlajit; riistalajit
	Tuholaisten ja sairauksien säätely	+	Biologinen torjunta
	Maaperän rakenne ja koostumus	+	Orgaanisen aineen määrä
	Vedenlaadun ylläpito	+	Pysyvä kasvipeite suodattaa
<b>Kulttuuripalvelut</b>	<b>Luonto virkistysympäristönä</b>	+++	Viihtyvyys (asuminen, matkailu); virkistyminen (Green Care)
	<b>Esteettisyys ja kulttuuriperintö</b>	+++	Kauneus; perinteiden kunnioitus
	<b>Luonnon itseisarvo ja arvo perintönä</b>	+++	Moraalis-eettinen näkökulma/vakaumus
	Luonto tieteen ja opetuksen lähdemateriaalina	++	Paikallishistoria; luonnontieteet
	Luonnon henkinen tai symbolinen merkitys	++	Symboliset, tärkeäksi koetut paikat.

Perinnebiotoopeilla esiintyy monia sieni- ja kasvilajeja, joilla on pienessä määrin käyttöä mm. käsitöiden värjäysmateriaaleina. Perinnebiotooppien rantalaidunnus saattaa joissain tapauksissa paikallisesti heikentää vedenlaatua. Yleensä kyse on silti enemmän uhkaku- vista, liittyen esimerkiksi uimaveden puhtauteen.

**Säätely- ja ylläpitopalvelut.** Alavia, toistuvilla tulvilla alttiita ranta-alueita on suositelta- vaa käyttää mieluummin luonnonlaitumina kuin peltomaana. Tällöin niiden monivuotinen

kasvillisuus vähentää ravinteiden ja hienoaineksen huuhtoutumista vesistöön. Tämän ohella laiduntavien eläinten mukana alueelta poistuu paljon ravinteita. Monivuotinen kasvillisuus parantaa lisäksi maaperän laatua lisäämällä sen orgaanisen aineksen määrää. Tämä edistää osaltaan myös ilmastonsuojelua.

Perinnebiotoopeilla on niiden monilajisen kasvillisuuden ansiosta myös monipuolisesti ja runsaasti pölyttäjähönteisiä. Niitä leviää pölyttäjiä myös ympäröiville peltoalueille, parantaen niiden pölytyspalveluita. Vastaavasti perinnebiotoopit ylläpitävät myös biologista torjuntaa tekevien petohönteisten kantoja, sekä toimivat esimerkiksi monen riistalajin osittaisena elinympäristönä.

**Kulttuuripalvelut.** Perinnebiotoopeilla on ylivoimaisesti eniten merkitystä kulttuuripalveluille. Tätä on kuitenkin vaikea osoittaa sen paremmin rahallisilla kuin muillakaan määrällisillä mittareilla, sillä siihen soveltuvaa tietoa ei juurikaan ole kerätty. Perinnebiotoopit koetaan yleensä viehättävinä maisemaelementteinä, ja moni maaseudun asukas arvostaa luonnonmukaisesti laiduntavia eläimiä kotinsa läheisyydessä. Tämän ansiosta perinnebiotoopeilla voi olla suurta merkitystä virkistyskäytön kannalta, etenkin liittyessään maatilamatkailun tai -majoituksen yhteyteen. Esimerkiksi Metsähallituksen ylläpitämät perinnemaatilat ovat hyvin suosittuja vierailukohteita. Monesti perinnebiotoopit vanhoine rakennuksineen ovat myös merkittävä osa paikallista kulttuuriperintöä, ja auttavat osaltaan ylläpitämään lähiseutunsa yhteisöllisyyttä. Yhä useammalle perinnebiotoopit ja niiden taantuva eliölajisto ovat myös itseisarvoisesti tärkeitä ja säilyttämisen arvoisia.

Päätöksentekijöiden ohella myös viljelijöillä ja muilla kansalaisilla on monesti epätietoisuutta siitä, mitä hyötyjä perinnebiotoopeista oikein saadaan ja ketkä niistä hyötyvät. Etenkin päätöksentekijät kaipaavat usein selkokielisiä perusteluja sille, miksi perinnebiotooppien hoitoa tulisi tukea julkisilla varoilla. Usein hyötyjen toteutumiselle on myös tiettyjä reunaehtoja tai edellytyksiä, joiden tulee ensin täytyä. Edellä mainituista on koottu yhteenveto Taulukkoon 6.4, alkaen konkreettisimman edun saajista ja päättyen epäsuoriin, yhteiskunnan yleisiin hyötyihin.

**Taulukko 6.4.** Perinnebiotoopeista eri tavoin hyötyviä tahoja, sekä edellytykset hyödyn muodostumiseen. Ylinnä konkreettisimmin, alinna epäsuorimmin hyötyvät.

Kuka hyöttyy?	Millä edellytyksillä?	Miten hyöttyy?
Maanomistaja (ei-viljelijä)	Vuokraa/luovuttaa maan käyttöoikeuden tuensaajalle tai järjestölle	Maiseman laatu ja viihtyvyys paranevat Suvun perinteitä (käyttöä) jatketaan
Maanviljelijä (alueen hoitaja)	Sitoutuu hoitoon ja byrokratiaan määrääjäksi, ja pystyy hyödyntämään lisälaitumia edullisesti	Lisää tuloja (korvaus sopimuksesta) Karjalle lisää laitumia, jolloin pelto- nurmia vapautuu muuhun tuotantoon Maataloustuotteiden suoramyyni
Lähiseudun asukas/ mökkiläinen	Kohteita on näköpiirissä/riittävän lähellä, ja niitä hoidetaan oikein	Maisema ja asumisviihtyvyys paranevat, mikä voi nostaa myös kiinteistön arvoa
Lähiseudun koulu/ koululaiset	Kohde/kohteita on riittävän lähellä, ja opettajat haluavat käyttää niitä	Luovaa tekemällä oppimista; tietämys lähiluonnosta ja perinteistä vahvistuu
Seutukunnan asukkaat	Kohde on näkyvällä paikalla tai muuten asutuksen/ liikenneyhteyksien läheisyydessä	Yhteisöllisyys ja oman kotiseudun kulttuuriperintö vahvistuvat Maisema ja asumisviihtyvyys paranevat
Paikalliset matkailuyrittäjät	Kohteita on riittävän lähellä, ja ne osataan tuotteistaa ja markkinoida asiakkaille	Kaunis, perinteinen maisema voi tuoda uusia asiakkaita. Heille voi myös kehittää aktiviteetteja (luontopolku, talkoot, ...) Erilaisten niittytuotteiden suoramyyni
Kotimaanmatkailijat	Kohde/kohteita on hyvin saavutettavissa, ja riittävästi mainostettu, viitoitettu, esitelty ja tuotteistettu	Kansallisen kulttuuriperinnön tuntemus ja yhteisöllisyys vahvistuvat
Ruokaketjun toimijat	Eettiselle/lähiruoalle on riittävästi kysyntää	Uusia tuoteryhmiä ja liikevaihtoa
Kaikki luonnonystävät	Hoito toteutetaan lajiston kannalta oikein	Maamme lajit ja luontotyyppit säilyvät

### 6.3.5 Valkoposkihanhiin aiheuttamien maatalousvahinkojen ehkäisy

Luonnon ekosysteemien prosessit tuottavat monia ihmisille tärkeitä palveluja ja tuotteita, mutta myös haittoja (ecosystem disservice / ekosysteemikarhunpalvelu / ekosysteemi-haitta). Yleisimpiä haittoja ovat lisääntynyt koti- tai tuotantoeläinten kuolleisuus, rehevöityminen johtuen massoina esiintyvien lajien ulostekuormituksesta, patogeenien leviäminen ja luonnonvaraisten eläinten aiheuttamat maatalousvahingot (Shackleton ym. 2016, Buji ym. 2017). Maatalousympäristö tarjoaa tärkeitä ruokailu-, lepo- ja lisääntymisalueita monille luonnonvaraisille linnuille, ja erityisesti muuttoaikana ravintoresursseja hanhille, kurjille ja joutsenille. Maatalouden tehokkuuden kehittyminen ja tuotannon kasvu on lisännyt ravintoresursseja talvehtiville lajeille, joka on osaltaan johtanut monien hanhilajien kantojen ja niiden aiheuttamien maatalousvahinkojen voimakkaaseen kasvuun Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa (Fox ym. 2005).

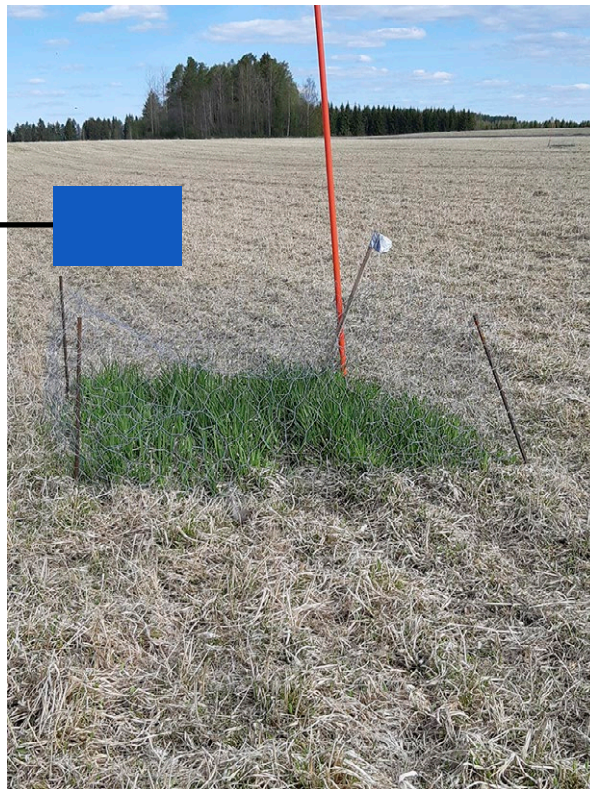
Suomen kautta muuttavien valkoposkihanhiin määrä ja niiden aiheuttamat maatalousvahingot ovat kasvaneet voimakkaasti viime vuosikymmenen aikana. Vuonna 2019 niiden aiheuttamia vahinkoja korvattiin 1,6 miljoonan euron arvosta, ja pelkästään keväällä 2020 korvauksia maksettiin 2,7 miljoonaa euroa. Merkittävistä vahingoista huolimatta Suomessa ei ole aikaisemmin systemaattisesti tutkittu hanhiin aiheuttamia vahinkoja, viljelijöiden asenteita ja keinoja ehkäistä vahinkoja. VAME-hankkeen tavoitteena oli selvittää:

- Kenttäkokein yleisimmin käytettyjen passiivisten esto- ja aktiivisten karkotusmenetelmien tehokkuutta maatalousvahinkojen ehkäisyssä.
- Hanhiin aiheuttamien vahinkojen jakautumista paikkatietoanalyysillä.
- Maanviljelijöiden ratkaisuehdotuksia hanhiongelmiaan ja asenteita hanhien peltojen perustamiseen.

Kenttäkokeissa tutkimme leija- ja ilmapallojen, haukkaleijojen ja lähestymällä karkottamisen tehokkuutta verrattuna kontrollikäsittelyyn. Käsittelyjen tehokkuutta mittasimme arvioimalla hanhiin määriä koealueilla ja laidunnuspainetta vertaamalla nurmen pituusia 1 m<sup>2</sup> koealoilla, jossa hanhet pystyvät laiduntamaan tai niiden laidunnus on estetty verkkohäkillä (Kuva 6.1). Kenttäkokeet on toteutettu syksyllä 2019 ja keväällä 2020 Kitee-Tohmajärvi- alueella pääasiassa rehunurmipelloilla. Hanke on nyt toteutuksensa puolivälissä, ja esitämme tässä raportissa alustavia tuloksia kenttäkokeista.

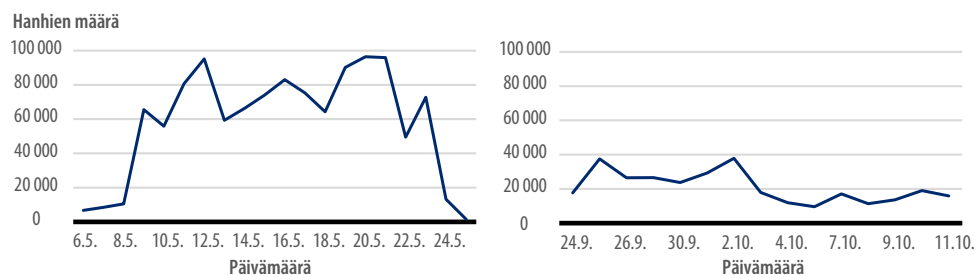
**Kuva 6.1.** Laidunnuspainetta arvioitiin mittaamalla nurmen pituus verkkohäkin sisältä hanhien ulottumattomista, ja sen vierestä. Kuva: Jukka Forsman

Kontrolliala,  
n. 2 – 4 m  
verkkohäkistä



Syys- ja kevätmuutto erosivat tutkimusvuosina selvästi toisistaan. Kevätmuuton aikaan hanhia havaittiin selvästi enemmän kuin syysmuuton aikaa; keväällä muuton kiivaimpana aikana tutkimusalueilla havaittiin päivässä noin 100 000 valkoposkihanhea, kun taas syksyllä korkein arvioitu hanhimäärä päivää kohti oli noin 40 000 hanhea (Kuvio 6.10). Keväällä 2020 hanhien määrä pysyi suurena Pohjois-Karjalassa, koska kylmä sää pysäytti muuton, ja hanhet pakkautuivat alueelle miltei kolmeksi viikoksi. Tämä johti ennätysuuriin vahinkoihin ja satovahinkokorvauksiin (ks. yllä).

**Kuvio 6.10.** Valkoposkihanhien arvioidut lukumäärät tutkimusalueilla keväällä 2020 ja syksyllä 2019.



Erityisesti keväällä valkoposkihanhiiden eniten suosimilla alueilla laidunnuspaine on suuri, ja ne voivat käytännössä syödä kaiken saatavilla olevan vihreän biomassan (Kuva 6.1). Usein ainoastaan lähellä näkösuojaa olevat alueet, kuten esimerkiksi metsänreuna, tai pesäänsä puolustavan hautovan kuovin lähiympäristö (Kuva 6.2), jäävät syömättä. Pelto-lintujen pesät jäävät vaille suojaa, ja erottuvat vihreinä tuppaina, joka voi lisätä niiden pesäpredaatorisriskiä.

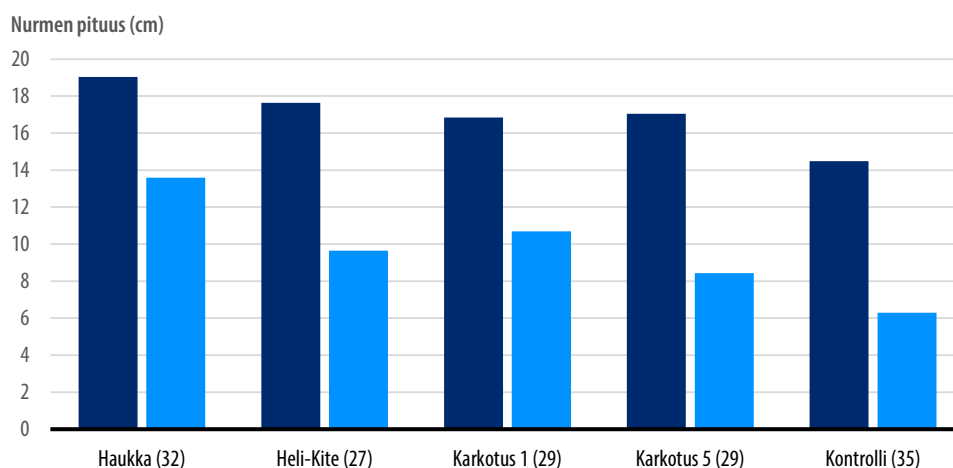
**Kuva 6.2.** Hautova kuovi pitää hanhet nokanmitan päässä, jonka seurauksena pesän ympärille jää vihreä tupas. Kuva: Jukka Forsman





Kevään 2020 karkotus- tai estokäsittelyt eivät pystyneet estämään hanhien nurmen laidunnusta. Verkkohäkkien sisällä ja hanhien ulottumattomissa nurmen pituudet olivat keskimäärin noin 14–19 cm (Kuvio 6.11). Häkin ulkopuolella nurmen pituus oli lyhin kontrollikäsittelyssä (noin 6 cm), kun taas muissa käsittelyissä pituudet olivat noin 8–14 cm (Kuvio 6.4). Käsittelyjen välisten erojen tilastollinen merkitsevyys tarkentuu tulevaisuuden analyysissä. Käytännön sovellusten kannalta täytyy pitää mielessä, että koeasetelmissamme käytimme passiivisia estoaineita korkeammilla tiheyksillä (ilmapalloja ja haukkaleijojia noin 3 kpl/ha), kuin mitä normaalikäytössä on tapana. Syksyllä 2019 laidunnusmittauksissa käsittelyjen väliset erot ovat samansuuntaiset, mutta eivät yhtä isot kuin keväällä (tuloksista ei kuvaa).

**Kuvio 6.11.** Nurmen keskimääräiset pituudet keväällä 2020 eri käsittelyissä verkkohäkkien sisällä hanhien ulottumattomissa (tummansiniset pylväät) ja häkkien ulkopuolella (vaaleansiniset pylväät).



Valkoposkihanhien esiintyminen on vielä toistaiseksi keskittynyt Pohjois- ja Etelä-Karjalaan, Kymenlaaksoon, Päijät-Hämeen eteläosiin ja Itä-Uudellemaalle, jossa erityisesti syyskylvöiset viljat ja erityyppiset rehunurmet ovat alttiita hanhituhoille. Suomi on kuitenkin muodostumassa vakituiseksi levähdysalueeksi valkoposkihanhille niin kevät- kuin syysmuuton ajaksi, ja on mahdollista, että valkoposkihanhien levähdykseen käyttämä alue laajenee tulevaisuudessa. Kasvatavat hanhimäärät maatalousalueilla edellyttävät uusia politiikkakeinoja ja vahinkoja lieventävien sopeutumiskeinojen luomista, jotta kaikkia osapuolia tyydyttävä ratkaisu löydetäisiin. Valkoposkihanhi aiheuttaa mittavia ongelmia monissa EU-maissa. VAME-hankkeen tuottamaa tietoa pystytään hyödyntämään tulevan EU:n yhteisen maatalouspolitiikan rahoituskauden 2021–2027 kansallisessa valmistelussa lintu/hanhipeltojen osalta.

## 6.4 Yhteenveto hankkeiden tuloksista

Tarve ekosysteemipalveluiden tutkimukselle nousi Suomessa yleiseen tietoisuuteen samoihin aikoihin kuin MATO-tutkimusohjelmaa valmisteltiin (Jäppinen & Heliölä 2015). Koska aiempaa suomalaista maatalouden ekosysteemipalveluiden tutkimusta ei juurikaan ollut olemassa, teeman tutkimustarpeet olivat laajat. Tutkimusohjelmassa toteutuneet viisi ekosysteemipalveluhanketta kattoivat vain osan teeman tutkimustarpeista. Samalla ne tuottivat kuitenkin pioneeritietoa ja hyvin toisiaan täydentäneen tutkimuskokonaisuuden.

Ohjelman alkuvuosina (2016–2018) toteutettu ja laaja-alaisesti maatalouden ekosysteemipalveluiden kysynnän ja tarjonnan kohtaamista selvittänyt MAAESP-hanke tuotti runsaasti arvokasta pohjatietoa kansalais- ja viljelijäkyselyihin pohjautuen. Ekosysteemipalvelujen ja maatalousluonnon monimuotoisuuden hyötyihin ja haittoihin suunnatun MAKERA-tutkimusrahoitushaun kautta vuonna 2019 alkaneet uudet MATO-hankkeet pureutuivat tarkemmin ohjelman alkuvuosien aikana yhteiskunnallisessa keskustelussa esiin nousseisiin kolmeen ajankohtaiseen teemaan: pölyttäjien ja viljelykasvien pölytyksen tilaan, maatalousmaan hiilensidontaan sekä voimakkaasti kasvaneiden hanhipopulaatioiden viljelylle aiheuttamiin haittoihin.

Nämä hankkeet ovat tätä raporttia kirjoitettaessa vielä kesken, mutta ovat tuottamassa suuren määrän päätöksenteossa tarvittavaa tietoa kukin omalla aihealueellaan (ks. 6.5. Tulosten hyödyntäminen päätöksenteossa). Ottaen huomioon aiempien ekosysteemipalvelututkimusten lähes täydellisen puuttumisen ennen MATO-ohjelmaa on ymmärrettävää ja odotettua, että nyt toteutuneet tutkimukset ovat samalla poikineet runsaasti lisätutkimustarpeita (ks. 6.6. Tarpeet jatkotutkimuksille).

Ehkä suurimpana puutteena toteutuneissa ekosysteemipalveluhankkeissa voidaan pitää sitä, että toteutuneet hankkeet tuottivat niukasti tietoa maatalouden ekosysteemipalveluiden taloudellisesta arvosta. Maatalouden ekosysteemipalveluiden taloudellisen arvon mittaamiseksi tarvitaan usein työlästä empiiristä maastotutkimusta. MATO-ohjelman ulkopuolella tämältyypistä tutkimusta on viime aikoina toteutettu esimerkiksi viljelykasvien pölytyksen (Toivonen ym. 2019), viljelytuholaiten luontaisten vihollisten (Toivonen ym. 2018) ja myös MATO-ohjelman LumoVesi-hankkeessa viljelymaan rakennetta parantavien lierojen (Hyvönen ym. 2021) osalta.

## 6.5 Tulosten hyödyntäminen päätöksenteossa

EU-tasolla luonnon monimuotoisuus ja ekosysteemipalvelut ovat olleet yhteisen maatalouspolitiikan viherryttämisen perusteluna, mutta paineet ekosysteemipalveluiden analyttisempään käsittelyyn kasvavat. Myös OECD:n työssä ekosysteemipalvelut ja niiden



tarjontaan liittyvät markkinapohjaiset mekanismit ovat nousseet vahvasti esiin (mm. OECD 2013). Maatalouden ekosysteemipalveluihin liittyy myös monenlaisia kansallisia tieto- ja kehittämistarpeita. Alla on listattu MATO-ohjelmassa toteutettujen ekosysteemi-palveluhankkeiden tuloksia ja suosituksia, joita voidaan soveltaa ja hyödyntää kansallisessa päätöksenteossa.

### Ekosysteemipalvelujen tukeminen maatalouspolitiikalla

- Poliitiikan suunnittelussa tulee painottaa niitä ekosysteemipalveluita, joita kansalaiset pitävät tärkeinä, mutta joiden tuotannossa koetaan olevan parantamisen varaa. Tällaisia ovat kasveja pölyttävien hyönteisten säilyminen, maisema, luonnontilaisten kasvi- ja eläinlajien sekä ekosysteemien säilyminen maatalousympäristössä sekä maatalouden kulttuuriperintö.
- Viljelijöiden kiinnostus kohdistuu erityisesti maatalousmaan tuottokyvyn ylläpitämiseen. Koska viljelijöiden kiinnostus on korkealla tasolla, kohtuullisen pienellä lisätukitoimilla voidaan saada aikaan paljon tuloksia. Lisäksi maaperän tuottokyky liittyy moniin muihin ekosysteemipalveluihin, joten parantamalla tuottokykyä voidaan samalla muun muassa vähentää ravinteiden huuhtoutumista ja lisätä hiilen sitoutumista maatalousmaahan.
- Lähes 30 prosenttia viljelijöistä on valmiita tuottamaan palveluita kansalaisten keskimääräistä maksuhalukkuutta alemmalla korvaustasolla. Tuotannon tukea voitaisiinkin kohdentaa erityisesti näille viljelijöille. Näin osa viljelijöistä valitsisi tuotantosuunnakseen ekosysteemipalveluiden tuotannon, esimerkiksi maisemapalvelut tai biodiversiteetin. Maisemapalveluiden tuottamiseen liittyy kohtuullinen kompensatiovaatimus viljelijöiden taholta, mutta huomattavat hyödyt kansalaisille.
- Viljelijät ovat ekosysteemipalveluiden tuottamisen suhteen hyvin vaihteleva ryhmä, mikä tulee ottaa huomioon politiikan suunnittelussa. Ekosysteemipalveluita voidaan tuottaa edullisimmin kohdistamalla tuki niille viljelijöille, joilla on parhaat edellytykset ja kiinnostus palveluiden tuotantoon.
- Viljelijät ovat kriittisiä tulospäätöksiä politiikkaa kohtaan. Siksi tulospäätösten politiikan mahdollisessa tulevassa suunnittelussa on tärkeää ottaa viljelijät mukaan prosessiin, jotta politiikka pohjaa mahdollisimman laajasti jaettuihin arvoihin.

### Pölyttäjien ja viljelykasvien pölytyksen tila

- Aiemmin puuttunut ja hajallaan vaikeasti saatavilla ollut tieto pölyttäjästä ja hyönteispölytteisten viljelykasvien pölytyksestä koottiin suomenkieliseksi yhteenvetoraportiksi, joka on helposti kaikkien saatavilla.

- Tämän tiedon kokoaminen loi pohjan kansallisen pölyttjästrategian valmistelutyölle:
  - Analyysi pölyttjähyönteisten kantojen kehityksestä Suomessa käynnissä olevien seurantojen ja olemassa olevien atlas-tietokantojen pohjalta korosti tarvetta kansallisen pölyttjäseurannan käynnistämiseksi ja pölyttäjien hyvinvointia edistävälle käytännön toimille.
  - Linjalaskentaan perustuvan kimalaisseurannan pilotointi osoitti menetelmän toimivuuden kansalaisseurantana. Pilotoinnin perusteella tuotettiin esitys pysyvän kansalaistieteeseen perustuvan kimalaisseurannan käynnistämiseksi Suomessa.
  - Mehiläistarhaajille suunnattu kysely selvitti tarhamehiläisen pölytyspalvelujen laajuuden, tärkeimmät pölytyspalvelun piirissä olevat pelto- ja puutarhakasvit sekä sen että pölytyspalvelujen käyttö on yleistymässä.
  - Tiedon kokoaminen eri tahojen viime aikoina tekemistä hyönteispölytteiden viljelykasvien pölytyskokeista tarkensi aiempaa arviota hyönteispölytyksen taloudellisesta arvosta Suomen maataloudelle.

#### Maatalousmaan hiilensidonta

- Toteutetut tutkimukset tuottivat aiempaa tarkempaa tietoa nurmen tuotannon hiilensidonnasta ja paljastivat aiheeseen liittyviä epävarmuuksia. Tuloksia voidaan hyödyntää suunniteltaessa maatalouden ilmastotoimenpiteitä ja maankäytön hiilitasetutkimuksen suuntaamista jatkossa.

#### Perinnebiotooppien tarjoamat ekosysteemipalvelut

- Eri ihmisryhmien perinnebiotoopeista saamat hyödyt ja edut tehtiin näkyviksi. Perinnebiotooppien hoitoa perustellaan yleensä lajien ja luontotyyppien suojelulla, mutta niistä on ihmisille myös monenlaisia muita hyötyjä, joita voidaan käyttää yhteiskunnan taloudellisen tuen perusteluina.
- Perinnemaisemainventoinnin tietoaaineistojen koekäyttö perinnebiotooppien kasvillisuuden seurannassa osoitti, että kerätyt kasvillisuusaineistot ovat liian epätarkkoja soveltuakseen tutkimuksellisiin tarkoituksiin. Tämä korostaa tarvetta tuottaa muuta kautta kvantitatiivisempaa tietoa niittykasvilajien esiintymisestä perinnebiotooppien tilassa tapahtuvien muutosten arvioimiseksi.

#### Hanhien viljelylle aiheuttamat haitat

- Laajojen maastohavaintojen ja -kokeiden perusteella tuotettiin lintu/hanhipeltojen suunnitteluun ja toteutukseen tarvittavaa pohjatietoa.

- Toimiva hanhille suunnattu pelto on riittävän iso ja yhtenäinen kokonaisuus, jossa on tarjolla hanhien suosimaa ravintoa (kasvilajike ja kasvuston pituus).
- Hanhien aktiivinen karkotus hanhipeltojen ulkopuolisilta alueilta on tärkeää, jotta hanhipelloilla saavutettaisiin haluttu vaikutus.

## 6.6 Tarpeet jatkotutkimuksille

Kansainvälisesti maatalouden ekosysteemipalvelututkimus on ollut vilkasta viimeisten 15 vuoden ajan. Esimerkiksi viljelykasvien pölytystä, biologista torjuntaa sekä hiilensidontaa on tutkittu Euroopan Unionin alueella runsaasti (esim. Poeplau & Don 2015, Holland ym. 2016, Woodcock ym. 2019) ja Suomessakin näiden aihepiirien tutkimus on viime aikoina lisääntynyt (esim. Toivonen ym. 2018, 2019). Alla on listattu tutkimustarpeita erityisesti MATO-ohjelmassa tutkittujen aihepiirien osalta.

Ekosysteemipalvelujen tukeminen maatalouspolitiikalla

- Miten maatalouden ympäristöpolitiikka on edistänyt tai vaikeuttanut ekosysteemipalvelujen säilymistä?
- Miten uudet ympäristötukitoimet vaikuttavat maatalouden ekosysteemipalveluiden kehittymiseen jatkossa (esim. pölyttäjäkannat)?
  - Näiden toimenpiteiden vaikuttavuuden arvioimiseksi tarvitaan vertailevaa kenttätutkimusta.
- Tarvetta indikaattoreille on myös kulttuuristen ekosysteemipalveluiden osalta.
- Kuinka ekosysteemipalveluiden yhteistuotanto voitaisiin järjestää? Esimerkiksi biodiversiteetin tuotannossa maatilaa laajemmat alueelliset kokonaisuudet ovat tärkeitä.
- Ekosysteemipalveluiden taloudellinen arvo on laaja tutkimusaihe, josta osaa saatiin tarkasteltua MAAESP-hankkeessa, mutta suuri osa palveluista on vielä arvottomatta.
- Tarvitaan kokeiluja tulosperusteisten ohjelmien pilotointiin.

Pölyttäjien ja viljelykasvien pölytyksen tila

- Uusien pölyttäjien hyvinvointia tukevien maatalouden toimenpiteiden yhteyteen tarvitaan toimenpiteiden vaikuttavuustutkimusta
- Maatalousympäristöön tulisi saada toimiva vuosittainen pölyttäjähöyryseurainten seuranta, joka kattaisi päiväperhosten lisäksi kimalaiset, erakko-mehiläiset ja kukkakärpäset.

- Tarvitaan tarkempaa maastomittauksiin pohjautuvaa tietoa pölytyspalvelujen arvosta peltoviljelymittakaavassa.
- Maatiloille tulisi kehittää pölyttäjien hyvinvointia mittaavia indikaattoreita.

#### Maatalousmaan hiilen sidonta ja kasvihuonekaasuvirrat

- Millaiseksi nurmien ympärivuotinen kasvihuonekaasutase ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  ja  $\text{CH}_4$ ) ja hiilensidonta potentiaali muodostuu pitkällä aikavälillä, kun huomioidaan vuosivaihtelu ja nurmikierron eri vaiheet? Miten muuttuva ilmasto (esim. lauhdat talvet ja kuivat kesät) vaikuttaa vuositaseisiin?
- Miten maan orgaanisen aineksen määrä vaikuttaa sen kykyyn sitoa hiiltä tai tuottaa kasvihuonekaasuja ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  ja  $\text{CH}_4$ )?
- Miten yleisimmät viljelytekniset toimenpiteet vaikuttavat nurmien kasvihuonekaasutaseeseen ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  ja  $\text{CH}_4$ ) ja hiilenkiertoon kivennäismailla ja orgaanisilla mailla?
  - Lannoituksen määrä ja sen koostumus (orgaaninen, mineraalilannoitus, maanparannusaineet, kuivalanta, lietalanta)
  - Nurmen uudistamistapa (syys- ja kevätkyntö, kevennetty muokkaus, suorakylvö)
  - Kasvilajisto (typensitojakasvit, seoskasvustot, palkoviljakasvit ja viljat osana nurmikiertoa)
  - Korjuustrategiat (niittojen lukumäärä)
  - Laiduntaminen
- Mikä on kunkin toimenpiteen vaikutus koko alkutuotantoketjun kokonaispäästöön (erityisesti peltomaiden  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöt ja märehdinnän  $\text{CH}_4$ -päästöt)?
- Miten orgaanisten viljelysmaiden ominaisuudet (turvekerroksen paksuus, sen koostumus) turvekerroksen laatu ja paksuus vaikuttavat?
- Miten hiilensidonnän toimenpiteet vaikuttavat tuotannon muihin päästöihin?
  - Erityisesti peltomaiden  $\text{N}_2\text{O}$ -päästöt sekä märehdinnän päästöt
- Millainen on nurmien kasvihuonekaasutase ja hiilensidonta verrattuna vaihtoehtoihin tuotantomuotoihin samanlaisissa kasvuolosuhteissa?
- Miten olemassa olevalla empiirisillä aineistolla voidaan kehittää hiilimalleja?
- Kuinka empiirinen aineisto, kaukokartoitus ja kalibrointilohkot voidaan yhdistää tuottamaan tietoa hiilivarastojen muutoksista laajassa mitassa?
- Miten hiilensidontaa tukevia viljelytekniisiä muutoksia voidaan toteuttaa maatilatasolla tuotantovaikutukset huomioiden?

## Perinnebiotoopit

- Perinnebiotooppien sekä niiden lajiston tilassa tapahtuneita muutoksia on vaikea arvioida kansallisissa inventoinneissa kerättyjen tietoaaineistojen pohjalta. Tämän vuoksi olisi tarpeellista kerätä kvantitatiivista seurantatietoa hoidon ja hoitamattomuuden vaikutuksista perinnebiotooppien keskeisimmistä lajiryhmistä toistamalla joitakin aiemmin tehtyjä tarkkoja lajistotutkimuksia.

## Lintutuhojen torjunta

- Luonnonvaraisten eläinten, ja erityisesti lintujen, aiheuttamat ekosysteemi-  
karhunpalvelukset ja vahingot tulevat todennäköisesti lisääntymään tulevaisuudessa. Ihmisten ja eläinten rauhanomaisen yhteiselon turvaamiseksi tarvitaan monitieteistä ekologista, yhteiskunnallista ja sosioekonomista tutkimusta sopivien politiikkaratkaisujen, korvausperiaatteiden ja käytännön toimien löytämiseksi.
- Olennaista olisi löytää optimi yhteiskunnalle ja vahingon kärsijöille aiheutuvista kustannuksista, joita aiheutuu ennakoivista vahinkoja vähentävistä toimista ja sadon menetyksestä maksettavista korvauksista.

## 6.7 Kirjallisuus

- Ammann C., Neftel A., Jocher M., Fuhrer J. & Leifeld J. (2020) Effect of management and weather variation on the greenhouse gas budget of two grasslands during a 10-year experiment. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 292: 106814
- Buji, R., Melman, T.C.P. & Loonen, M.J.J.E. (2017) Balancing ecosystem function, services and disservices resulting from expanding goose populations. *Ambio* 46(Suppl.): S301-S318.
- de Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L. & Willemen, L. (2010) Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7: 260–272.
- European Commission (2018) EU Pollinators Initiative. COM(2018) 395 final.  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018DC0395>
- Fox, A.D., Madsen, J., Boyd, H., Kuijken, E., Norris, D.W., Tombre, I.M. & Stroud, D.A. (2005) Effects of agricultural change on abundance, fitness components and distribution of two Arctic-nesting goose populations. *Global Change Biology* 11: 881-893.
- Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V. & Regina, K. (2013) Declining trend of carbon in Finnish cropland soils 1974–2009. *Global Change Biology* 19: 1456–1469.
- Heliölä, J., Kuussaari, M. & Niininen, I. (2010) Maatalousympäristön päiväperhosseuranta 1999–2008. *Suomen ympäristö* 2/2010.
- Holland, J.M., Bianchi, F., Entling, M.H., Moonen, A.C., Smith, B.M. & Jeanneret, P. (2016) Structure, function and management of seminatural habitats for conservation biological control: a review of European studies. *Pest Management Science* 72: 1638–1651.
- Holopainen, S. (2020) Puolet tutkimukseen vastanneista tarjonnut pölytyspalvelua. *Mehiläinen* 37: 124–125.
- Hyvönen, T., Huusela, E., Kuussaari, M., Niemi, M., Uusitalo, R. & Nuutinen, V. (2021) Aboveground and belowground biodiversity responses to seed mixtures and mowing in a long-term set-aside experiment. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 322: 107656. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107656>.
- IPBES (2016) The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. S.G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca & H. T. Ngo, (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany.

- Jäppinen, J.-P. & Heliölä, J., toim. (2015) Towards A Sustainable and Genuinely Green Economy. The value and social significance of ecosystem services in Finland (TEEB for Finland). Synthesis and roadmap. The Finnish Environment 1/2015.
- Kallenbach, C.M., Wallenstein, M.D., Schipanski, M.E. & Grandy, A.S. (2019) Managing agroecosystems for soil microbial carbon use efficiency: Ecological unknowns, potential outcomes, and a path forward, *Frontiers in Microbiology*, doi: 10.3389/fmicb.2019.01146.A
- Kettunen, M., Vihervaara, P., Kinnunen, S., D'Amato, D., Badura, T., Argimon, M. & ten Brink, P. (2012) Socio-economic importance of ecosystem services in the Nordic Countries – Synthesis in the context of The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). Nordic Council of Ministers, Copenhagen. 290 pp.
- Klein, A.M., Vaissiere, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C. & Tscharntke, T. (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B (Biological Sciences)* 274: 303–313.
- Leinonen, R., Pöyry, J., Söderman, G., & Tuominen-Roto, L. (2016) Suomen yöperhosseuraanta (Nocturna) 1993–2012. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 15/2016.
- Lehtonen, T. (2012) Mehiläispölytyksen taloudellinen arvo Suomessa viljeltävien kasvien ja luonnonmarjojen sadontuotannossa. Pro gradu -työ, Helsingin yliopisto.
- Lind, S.E., Virkajärvi, P., Hyvönen, N.P., Maljanen, M., Kivimäenpää, M., Jokinen, S., Antikainen, S., Latva, M., Rätty, M., Martikainen, P.J. & Shurpali, N.J. (2020) Carbon dioxide and methane exchange of a perennial grassland on a boreal mineral soil. *Boreal Environmental Research* 25: 1–17.
- MacDonald J., Angers D., Rochette P., Chantigny M., Royer I. & Gasser M.-O. (2010) Plowing a poorly drained grassland reduced soil respiration. *Soil Biology & Biochemistry* 74: 2067–2076.
- Niskanen, O., Tienhaara, A., Haltia, E. & Pouta, E. (2021) Farmers' heterogeneous preferences towards results-based environmental policies. *Land Use Policy* 102: 105227.
- OECD (2013) Scaling-up Finance Mechanisms for Biodiversity, OECD Publishing, Paris.  
<https://doi.org/10.1787/9789264193833-en>
- Poeplau, C. & Don, A. (2015) Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 200, 33–41.
- Potts, S.G., Dauber, J., Hochkirch, A., Oteman, B., Roy, D., Ahrne, K., Biesmeijer, K., Breeze, T., Carvell, C., Ferreira, C., Fitzpatrick, U., Isaac, N., Kuussaari, M., Ljubomirov, T., Maes, J., Ngo, H., Pardo, A., Polce, C., Quaranta, M., Settele, J., Sorg, M., Stefanescu, C. & Vujic, A. (2020) Proposal for an EU Pollinator Monitoring Scheme, EUR 30416 EN, Publications Office of the European Union, Ipsa, 2020, ISBN 978-92-76-23859-1, doi:10.2760/881843, JRC122225.
- Regina, K., Sheehy, J. & Myllys, M. (2015) Mitigating greenhouse gas fluxes from cultivated organic soils with raised water table. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 20: 1529–1544.
- Ruokatietoyhdistys (2020) Tietohaarukka 2020. [https://www.ruokatieto.fi/sites/default/files/media/ruoka-fakta/tietohaarukan\\_taulukot/tietohaarukka\\_2020\\_suomi.pdf](https://www.ruokatieto.fi/sites/default/files/media/ruoka-fakta/tietohaarukan_taulukot/tietohaarukka_2020_suomi.pdf)
- Rutledge S., Wall A.M., Mudge P.L., Troughton B, Campbell D.I., Pronger J., Joshi C. & Schipper L.A. (2017) The carbon balance of temperate grasslands part II: The impact of pasture renewal via direct drilling. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 239: 132–142.
- Shackleton, C.M., Ruwanga, S., Sinasson Sanni, G.K., Bennett, S., De Lacy, P., Modipa, R., Mtati, N., Sachikonye, M. & Thondhlana, G. (2016) Unpacking Pandora's box: Understanding and categorising ecosystem disservices for environmental management and human wellbeing. *Ecosystems* 19: 587–600.
- Smith, P., Soussana, J.-F., Angers, D., Schipper, L., Chenu, C., Rasse, D.P., Batjes, N.H., van Egmond, F., McNeill, S., Kuhnert, M., Arias-Navarro, C., Olesen, J.E., Chirinda, N., Fornara, D., Wollenberg, E., Álvaro-Fuentes, J., Sanz-Cobena, A. & Klumpp, K. (2020) How to measure, report and verify soil carbon change to realize the potential of soil carbon sequestration for atmospheric greenhouse gas removal. *Global Change Biology* 26: 219–241.
- Tienhaara, A., Haltia, E., Pouta, E., Arovuori, K., Grammatikopoulou, I., Miettinen, A., Koikkalainen, K., Ahtiainen, H. & Artell, J. (2020) Demand and supply of agricultural ecosystem services: towards benefit-based policy. *European Review of Agricultural Economics* 47: 1223–1249.
- Toivonen, M., Huusela-Veistola, E. & Herzon, I. (2018) Perennial fallow strips support biological pest control in spring cereal in Northern Europe. *Biological Control* 121: 109–118.
- Toivonen, M., Herzon, I., Rajanen, H., Toikkanen, J. & Kuussaari, M. (2019) Late flowering time enhances insect pollination of turnip rape. *Journal of Applied Ecology* 56: 1164–1175.
- Vainio, A., Tienhaara, A., Haltia, E., Hyvönen, T., Pyysiäinen, J. & Pouta, E. (2021) The legitimacy of result-oriented and action-oriented agri-environment schemes: A comparison of farmers' and citizens' perceptions. *Land Use Policy* 104358, painossa. doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104358.
- Woodcock, B.A., Garratt, M.P.D., Powney, G.D., Shaw, R.F., Osborne, J.L., Soroka, J., Lindström, S.A.M., Stanley, D., Ouvrard, P., Edwards, M.E., Jauker, F., McCracken, M.E., Zou, Y., Potts, S.G., Rundlöf, M., Noriega, J.A., Greenop, A., Smith, H.G., Bommarco, R., van der Werf, W., Stout, J.C., Steffan-Dewenter, I., Morandin, L., Bullock, J.M. & Pywell, R.F. (2019) Meta-analysis reveals that pollinator functional diversity and abundance enhance crop pollination and yield. *Nature Communications* 10:1481.  
<https://doi.org/10.1038/s41467-019-09393-6>

## 7 Työkaluja parempaan maatalousympäristön tilan hoitoon

*Terho Hyvönen, Janne Helin, Mikko Jaakkola, Kirsi Järvenranta, Karoliina Kinnunen  
Mohr, Kaisa Kuoppala, Pirjo Peltonen-Sainio, Marketta Rinne & Perttu Virkajärvi*

### 7.1 Johdanto

Tässä kappaleessa tarkastellaan käytännön keinoja maatalouden ympäristöasioiden edistämisen tehostamiseksi. Maatalouden ympäristöasioiden edistäminen tapahtuu viime kädessä maatilatasolla, jolla tehdään päätökset toimenpiteistä sekä suoritetaan käytännön toimet. Päätöksenteon tueksi tarvitaan ajanmukaista tietoutta toimenpiteiden ekologisista, agronomisista ja taloudellisista vaikutuksista sekä työvälineitä toimenpiteiden valintaan, kohdentamiseen ja optimointiin. Erilaisten päätöksentekotyökalujen avulla voidaan tehostaa tutkimustiedon siirtymistä maatalojen käytäntöön. Ympäristötiedon siirtyminen tutkimuksesta maatalojen käytäntöön vaatii myös ymmärrystä siitä, kuinka tiedon loppukäyttäjät eli viljelijät saavat tutkimustietoa ja mitä kanavia he käyttävät tiedonhankintaan.

**Tietolaatikko 7.1.** Luvun tutkimusteemaan keskittyneet hankkeet.

**Teeman hankkeet:**

- **Nautojen ruokinnan ja erityksen lähtötietojen ja arviointimenetelmien vaikutukset kansalliseen erityslaskentaan ja edelleen päästöarvioihin (NaruTesti)**, Marketta Rinne, Luonnonvarakeskus, 2018–2020 (*MMM, MAKERA*)
- **Luonnon monimuotoisuus- ja vesiensuojelutavoitteiden yhteensovittaminen tuki- ja ympäristöpolitiikassa (LumoVesi)**, Terho Hyvönen, Luonnonvarakeskus, 2018–2020 (*MMM, MAKERA*)
- **Maatalouden vesiensuojelutoimenpiteiden kohdentaminen vesiensuojelun kannalta riskiherkimmille peltolohkoille Saaristomeren ja Selkämeren valuma-alueilla (KOTOMA)**, Mikko Jaakkola, Varsinais-Suomen ELY-keskus, 2016–2017 (*YM, RAKI2*)
- **Viljelykiertojen monipuolistamiseen kannustava vuorovaikutteinen suunnittelutyökalu (VILKAS)**, Pirjo Peltonen-Sainio, Luonnonvarakeskus, 2017–2019 (*MMM, MAKERA*)
- **Tilatason toimien ympäristö- ja kustannustehokkuus nautakarjatiljoilla (TehoToimi)**, Perttu Virkajärvi, Luonnonvarakeskus, 2017–2020 (*MMM, MAKERA*)
- **Yhdessä kokeillen – Maatalouden ympäristövaikutuksista viestiminen**, Karoliina Kinnunen Mohr, Kaskas Media Oy, 2018–2019 (*MMM:n T & K -momentti*)

## 7.2 Hankkeissa tarkastellut ongelmat

### 7.2.1 Nautakarjatiljojen ravinnetalouden kehittäminen

Suomen maataloudessa merkittävin fosforin kierrättäjä on nautakarjatalous. Naudat tuottavat noin 75 % kaikesta Suomessa muodostuvasta lannasta. Nautakarjatuotannossa tärkein rehu on nurmi, joka erityispiirteidensä takia vaatii fosforin suhteen toisenlaisia lannoitusratkaisuja sekä ympäristönsuojelullisia toimia kuin viljakasvit. Keskeisiä kysymyksiä fosforin käytön suhteen nautakarjataloudessa ovat:

- Riittävätkö nykyinen lannoitus ja maan vähenevä fosfori tuottamaan maksimaalisen nurmisadon?
- Miten lietteenlevitystekniikka vaikuttaa taloudelliseen kannattavuuteen?



- Miten samaan aikaan vähennetään pintamaasta ja kasvustosta huuhtoutuvan fosforin määrää talvi-ilmaston muuttuessa sateisemmaksi?

Fosforilannoituksen optimointi vaatii dynaamisen laskentamallin, jossa otetaan huomioon sekä typpi- että fosforilannoitus, maan fosforipitoisuuden kehitys ja sen vaikutus sadon- tuottoon sekä karjanlannassa tuleva fosfori. Karjanlannan levitysmenetelmän osalta tila- kohtaisiin suosituksiin tarvitaan pohjaksi ajantasainen kvantitatiivinen arvio lietteenlevi- tysmenetelmien satovaikutuksesta sekä levitysmenetelmän kustannus ja vaikutus fosfori- huuhtoumaan talviaikaisen valunnan lisääntyessä.

Kokonaisvaltaisen kuvan saamiseksi nautakarjatalouden ravinteista tarvitaan erityyslasken- taa, jolla tarkoitetaan kotieläinten erittämän sonnan ja virtsan määrän ja niiden sisältämien kuiva-aineen, orgaanisen aineen ja ravinteiden (typpi, fosfori, kalium) pitoisuuksien arvioin- tia. Erityyslaskennan tuloksia käytetään lannan määrien ja laadun laskennassa Suomen nor- milanta -järjestelmässä sekä ravinnetaseissa ja kotieläintuotannon päästöjen arvioinnissa, mukaan lukien kasvihuonekaasujen ja ilman epäpuhtauksien (ammoniakki) päästöinven- taariot sekä eläinsuojien ympäristöluvitusten eläinyksikkökertoimet. Laskennan tulokset vaikuttavat suoraan kotieläintilojen ohjauskeinoihin ja edelleen käytännön toimiin.

Edellä mainittuja tutkimusteemoja tutkittiin TehoToimi- ja Narutesti-hankkeissa.

Narutesti-hankkeen tavoite oli eri nautaryhmien erityyslaskennan lähtötietojen ja laskenta- menettelyiden tarkistaminen ja päivittäminen. Tuloksia testattiin käyttökohteissaan (mm. päästöarviot, valtakunnalliset ravinnetaseet, vähimmäislantatilavuudet). Samalla laskenta dokumentoitiin selkeästi. Hankkeen tavoitteena oli varmentaa luotettava lypsykarjan ja lihanautojen lannanerityksen arviointi, jota käytetään päästöarvioiden ja monien muiden kansallisesti tärkeiden laskentojen pohjatietona.

TehoToimi-hankkeen tavoitteina oli:

- Selvittää nurmen fosfori- ja typpilannoituksen taloudellinen optimi viljelijän ja ympäristön näkökulmasta
- Määrittää nykyisin tarjolla olevien erilaisten lietelantalogistiikan vaihto- ehtojen suhteellinen kustannustehokkuus liukoisen fosforin huuhtouman vähentämisessä
- Määrittää kokeellisesti ilmastonmuutoksen vaikutusta lannan ravinteiden huuhtoutumiseen
- Kehittää edellisten pohjalta nautakarjatilatien vesiensuojelun toimintaohjetta ja välittää toimintaohje kattavasti kohdeyleisön saataville

## 7.2.2 Suunnittelutyökalujen kehittäminen

Viimeaikaiset tutkimukset osana tuotannon kestävästä tehostamisesta ovat paljastaneet viljelykiertojemme yksipuolisuuden, vilja- ja jopa viljalajimonokulttuurien hallitsevuuden, sekä antaneet merkkejä suuntauksen osittaisesta vahvistumisesta. Monipuolisilla viljelykierroilla on kuitenkin suuri merkitys tuotannon pitkäjänteiselle kehitykselle sekä viljelyn kestävyydelle – ei vain ympäristölliselle, vaan myös taloudelliselle ja sosiaalisellekin kestävyydelle. Ongelmana on kuitenkin pitkän aikavälin hyötyjen vaikea tunnistaminen ja arvottaminen verrattaessa niitä viljelytoimien välittömästi tuottamiin sato- ja laatuvaikuteisiin. Monipuoliset viljelykierrot tuottavat merkittäviä ekosysteemipalveluita sekä satohyötyjä. Maan rakennetta ja viljavuutta parantavien ominaisuuksien lisäksi monimuotoisella viljelyllä on suuri merkitys esimerkiksi ilmastokestävyydelle. Viimeaikaiset tutkimukset ovat vahvistaneet osaltaan käsitystä siitä, että vain aidolla viljelykasvien kirjon lisäämisellä on merkitystä säävaihtelun aiheuttamien haittojen vähentämisessä. Viljelykiertojen monipuolistamisen tunnistetut esteet ja haasteet korostavat tarvetta löytää konkreettisia keinoja tukea viljelijöiden päätöksentekoa.

Myös vesienhoidon tehostamiseen tarvitaan uusia työkaluja. Vesienhoidon tavoitteiden mukaisesti vesien hyvä ekologinen tila tulee saavuttaa Suomessa ja koko Euroopan Unionin alueella viimeistään vuoteen 2027 mennessä. Merenhoidon tavoitteena Suomessa on saavuttaa Itämeren hyvä tila vuoteen 2020 mennessä. Nämä ovat suuria haasteita etenkin Lounais-Suomessa, jossa suurin osa vesimuodostumista on hyvää huonommassa tilassa (tyydyttävä, välttävä tai huono). Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmaan vuosille 2014–2020 sisältyvän ympäristökorvausjärjestelmän toimenpiteiden kohdentuminen ei ole toteutunut vesienhoidon tavoitteiden mukaisesti. Esimerkiksi suojavyöhykkeistä on Lounais-Suomessa kohdentunut vain noin 20 % vesiensuojelun kannalta keskeisimmille kohteille. Ympäristökorvausjärjestelmän kohdentamismenetelmiä on tarpeen tarkentaa seuraavalle ohjelmakaudelle 2021–2025, mikäli vesienhoidon tavoitteet aiotaan edes osittain saavuttaa.

Maatalouden ravinnepäästöjen vähentämisen lisäksi maatalouden ympäristökorvauksen keskeisiä tavoitteita on luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen maatalousympäristössä. Tilatasolla näitä tavoitteita edistävien toimenpiteiden yhteensovittamista ja käytäntöön vientiä rajoittavat useat tekijät, kuten tiedon puute toimenpiteiden vuorovaikutuksista.

Edellä mainittuja tutkimusteemoja tutkittiin VILKAS-, LumoVesi- ja KOTOMA-hankkeissa.

VILKAS-hankkeen tavoitteena oli tuottaa laajoihin aineistoihin perustuva, viljelykiertojen monipuolistamiseen kannustava, taloudelliset reunaehdot huomioiva, vuorovaikutteinen suunnittelutyökalu viljelijöiden käyttöön. Lisäksi hanke tuotti uutta tietoa monipuolistettavista viljelykierroista sekä niihin liittyvistä rajoitteista, jotka auttavat kehittämään mm. ympäristökorvausjärjestelmää siten, että se aidosti kannustaa viljelykiertojen monimuotoistamiseen sekä

niiden mukanaan tuomien erilaisten ekosysteemipalvelujen tuottamiseen ja niistä hyötymiseen. VILKAS-työkalun perusajatuksena on pakottaa ja siten kannustaa viljelijä näkemään, miten tilan lohkojen viljelykiertoja voisi ja olisi perusteltua monimuotoistaa ja kuinka tämä vaikuttaisi tilan kannattavuuteen.

LumoVesi-hankkeessa selvitettiin luonnon monimuotoisuus- ja vesiensuojelutavoitteiden ristiriitoja maatalous- ja ympäristöpolitiikassa sekä ympäristötavoitteiden käytännön edistämisen esteitä maataloilla. Lisäksi tutkittiin empiirisesti toimenpiteiden vaikutusten yhteisvaihtelua sekä laadittiin toimenpidesuosituksia ympäristötavoitteita edistävistä toimenpiteistä ja arvioitiin toimenpiteiden toteuttamiskustannuksia. Hankkeen keskeinen lopputuote oli päätöksentekotyökalu (LumoVesi-työkalu) edistämään tiedonsiirtoa toimenpiteistä maataloille. Hankkeen tuottaman tietämyksen avulla voidaan edistää sekä luonnon monimuotoisuus- ja vesiensuojelutoimenpiteiden käytäntöön vientiä maataloilla että ympäristökorvausjärjestelmän toimenpiteiden kehittämistä.

KOTOMA-hankkeen tavoitteena oli kehittää vesiensuojelutoimenpiteiden kohdentamiseen toimintamalli, jonka avulla kuormittavimmat viljelyalueet voidaan tunnistaa valuma-alue- ja peltolohkotasolla. Hankkeessa testattiin RUSLE2015-eroosiomallinnuksen soveltuvuutta tähän tarkoitukseen. Eroosiomalliin sisältyvien tietojen lisäksi kerättiin ja hyödynnettiin muita alueellisia paikkatietoaineistoja. Kohdealueena oli Varsinais-Suomi ja Satakunta sekä neljän maakunnan alueella sijaitseva Loimijoen valuma-alue, mutta toimintamalli ja saadut tulokset ovat myöhemmin hyödynnettävissä koko Suomessa. Kehitettävää kohdentamismenetelmää voidaan käyttää apuna seuraavan Manner-Suomen maatalouden kehittämisohjelman valmistelussa, vesistökuormituksen mallintamisessa ja vesien- ja merenhoidon toimenpiteiden käytännön toteutuksessa. Kun tunnistetaan ravinnekuormituksen vähentämisen kannalta olennaiset paikat, vesiensuojelutoimenpiteet ja niiden rahoitus voidaan toimenpiteet kohdistaa mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti ja kustannustehokkaasti.

### 7.2.3 Viestinnän kehittäminen

Maatalouden ympäristövaikutuksista on tehty paljon luonnontieteellistä tutkimusta. Monet tahot haluavat vaikuttaa siihen, miten maata tulevaisuudessa viljellään tai karjaa kasvatetaan. Suomessa on kuitenkin tehty verrattain vähän käyttäytymistieteellistä tutkimusta maanviljelijöiden tavoista ja motiiveista omaksua uusia ympäristöystävällisempiä tuotantomenetelmiä ja viljelytapoja. Jotta ympäristötieto pääsee käyttöön, sen tuottamisessa ja viestinnässä on tutustuttava siihen, millaista tietoa maanviljelijä pystyy työssään hyödyntämään. Maanviljelyyn liittyvän tiedon tehokas ja vaikuttava viestiminen tarvitsee taustakseen tietoa maanviljelijöiden tiedonhankintastrategioista.

Yhdessä kokeillen-hankkeessa selvitettiin, miten maanviljelijät saavat tietoa ympäristöstä ja millaista ympäristötietoa he työssään tarvitsevat. Hankkeessa kartoitettiin tämänhetkistä maanviljelijöille kohdistettua ympäristöviestintää ja haastateltiin maanviljelijöitä. Kartoituksen ja haastatteluiden perusteella valittiin yksi tiedon välittämisen muoto, josta toteutettiin käyttäytymistieteellinen kokeilu. Siinä testattiin, miten viestinnän sävy vaikuttaa viljelijöiden aikomuksiin tehdä ympäristön tilaa parantavia muutoksia tilalla. Hankkeen tavoitteena on edistää vuorovaikutusta tiedontuottajien ja ammatinharjoittajien välillä niin, että tutkittu ja ajantasainen tieto hyödyttää molempia osapuolia.

## 7.3 Hankkeiden tulokset

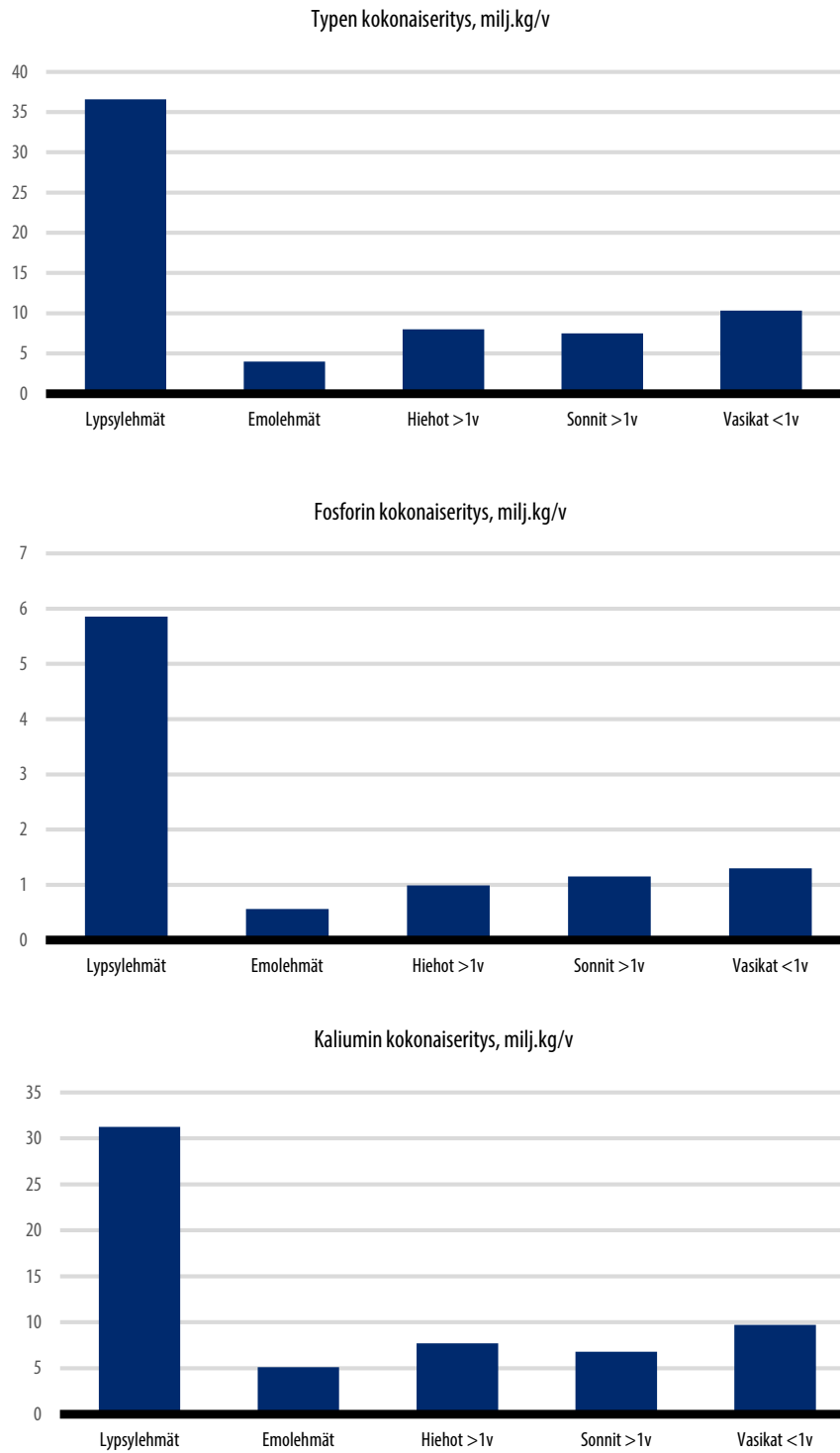
### 7.3.1 Nautakarjatilojen ravinnetalouden kehittäminen

Ajantasaisen ja tarkentuneen erityislaskennan tuloksena saadaan parempi tieto Suomen nautojen lannan hyödyntämisen kehittämiseen (Suomen normilanta -järjestelmä: lannan ja ravinteiden määrät; ravinteiden ja hiilen kierron kehittämisen työkalut kuten Ravinnelaskuri ja Biomassa-atlas), lannasta aiheutuvien päästöjen arviointiin (päästöinventaarior: kasvihuonekaasupäästöt ja ammoniakki ilmaan, typpi ja fosfori vesistöihin), Suomen maatalouden ravinnetaseisiin (Eurostat), eläinsuojien luvituksen tueksi (YM) ja maaseutuohjelman eläinyksikkökertoimiin (MMM).

Ravinteiden erityis lasketaan rehujen mukana saadun ja eläimiin sekä niiden tuotteisiin pidättyvien ravinteiden määrän erotuksena eli "ravinteiden saanti rehujen mukana – eläimiin ja tuotteisiin pidättyneet ravinteet = erittyneet ravinteet". Eritys lasketaan typelle, fosforille, kaliumille, kuiva-aineelle ja orgaaniselle aineelle. Eritys lasketaan erikseen eri ikäisille eläimille ja eri tuotantomuodoille (maito, liha) ja nautojen laskennassa on yhteensä 28 eri ryhmää.

Erityslaskennan kriittisin kohta on rehujen mukana saatujen ravinteiden määrän arviointi eli rehujen syöntimäärän ja rehuannoksen ravinnepitoisuuksien tunteminen. Syöntimäärä arvioitiin eläinten ylläpitoon ja tuotantoon (maitotuotos, kasvunopeus) tarvitseman energian perusteella. Rehuannoksen koostumus arvioitiin kenttäaineistojen ja asiantuntija-arvioiden perusteella. Eläinten kasvuun (sikiö mukaan lukien) ja tuotantoon pidättyvien ravinteiden määrän arvioinnin epävarmuus on huomattavasti pienempi kuin ravinteiden saannin. Typen, fosforin ja kaliumin kokonaizeritystuloksia eri eläinryhmissä on esitetty Kuviossa 7.1.

**Kuvio 7.1.** Ravinteiden kokonaizeritys eri nautaeläinryhmissä vuoden 2017 lähtötiedoilla.



Nurmen typpi- ja fosforilannoituksen kannattavuuden dynaaminen optimointimallinnus osoitti, että lehmien määrää ei kannata vähentää vesistökuormituksen vähentämiseksi. Vesistökuormituksen haitan hinnoittelu näkyy optimaalisessa maitotuotoksessa, mutta ei johda sen dramaattiseen vähentymiseen (n. 100–300 kg vähennys lehmän optimaaliseen vuosituotokseen). Vesistökuormituksen haitan hinnoittelu vähentää optimaalista kuiva-aine syöntiä hieman, mutta ostetun väkirehun osuus lehmän ravinnosta kasvaa selvästi (kun ostetulle väkirehulle ei ole arvioitu vastaavaa vesistövaikutusta). Tulosta voi hieman yksinkertaistaen tulkita siten, että ostorehua kannattaa käyttää vesistökuormituksen vähentämiseen alueilla, joissa väkirehun tuottaminen on keskimääräistä kuormittavampaa ja/tai alueilla, joiden vesistökuormituksen vähentämisen arvo on keskimääräistä suurempi.

Jos tilalla on hallussaan matalan fosforiluvun peltoalaa, on myös yhteiskunnan kannalta optimaalista lannoittaa sitä mineraalilannoitteella, vaikka tilalla olisi käytettävissä lantaa. Tämä johtuu siitä, että maan liukoisen fosforin varannon ylläpitoon ja optimaaliseen sato-vaikutukseen tarvitaan enemmän fosforia kuin vain lannassa levitetään ja toisaalta siitä, että vuotuisella lannoituksella saavutetaan välittömän satovaikutuksen lisäksi satovaikutus myös tulevana vuosina fosforiluvun nostamisen myötä. Yhteiskunnallisessa optimiratkaisussa lannoituksella saavutettua taloudellista hyötyä verrataan vesistökuormituksen myötä aiheutuvaan taloudelliseen haittaan. Haitan huomioiminen ei siis kuitenkaan tee mineraalifosforin käytöstä kannattamatonta, vaikka käytetyt määrät vähenevätkin suhteessa viljelijän voiton maksimoiviin tasoihin.

Jo pelkästään vesiensuojellisuuden kustannustehokkuuden vuoksi, on perusteltua pohtia turvepeltojen raivauksen kieltoa sekä uusien toimien kohdentamista jo viljellylle alalle. Tulokset perustuvat siihen, että kun mallissa poistetaan maatalouskäytöstä 90 % turvepeltojen alasta vesistökuormituksen vähenemä suhteessa siitä koituvaan kustannukseen jää melko alhaiseksi verrattuna siihen, kuinka vesistövaikutuksen haitan hinnoittelu vähentää viljelijän voittoa. Uuden pellon raivauksesta suhteessa olemassa olevan pellon vähentämiseen syntyy vielä ylimääräisiä kustannuksia, joita mallissa ei huomioitu. Siksi kokonaisuutena raivauksen yhteiskunnallinen kannattavuus on vieläkin heikompaa. Malli ei tosin huomioi kaikkia mahdollisia raivauksella saavutettavia hyötyjä.

Fosforin kertalannoituskoe toteutettiin vuonna 2003 perustetuilla koekentillä Maaningalla ja Ruukissa vuosina 2017–2019. Koe osoitti, että ympäristökorvauksen fosforilannoitusrajat antavat taloudellisesti riittävän sadon, mutta että samalla maan fosforipitoisuus laskee. Tämä voi pitkällä aikavälillä heikentää maan sadontuottopotentiaalia. Fosforipitoisuuden lasku näytti hankkeen aikana hidastuvan aiempaan verrattuna. Pitkäaikaiskokeen aineisto osoitti, että kyntökerroksen viljavuusfosforin pitoisuus laskee lähes ennusteen mukaisesti (Ekholm ym. 2005, Uusitalo ym. 2016) ja Ekholmin ym. mallin (2005) mukaan maan P-pitoisuuden lasku jatkuu viljavuusluokan muutosta seuranneesta suuremmasta lannoitusmäärästä huolimatta. On syytä pohtia, kuinka alhaiseksi peltojen viljavuusfosfori halutaan

ympäristökorvausjärjestelmällä ohjata ja tulisiko lannoitusrajoja välttävissä ja sitä alemmissa viljavuusluokissa tulevaisuudessa nostaa.

Pelkän viljavuusfosforin lisäksi maan P-kylläisyysasteen määrittäminen voisi selvittää, kuinka paljon helposti irrotettavaa fosforia maassa on varastossa. Mehlich-3 menetelmää ei Suomessa käytetä kaupallisissa maa-analyysissä, mutta tutkimuksessa sen käyttöä voisi lisätä. Fosforin kyllästymisaste maaperän rauta- ja alumiiniyhdisteisiin voisi olla kustannustehokas menetelmä huuhtoumakokeiden tukena tai vaihtoehtona, mikäli taustalle saadaan riittävästi huuhtoumamittauksia.

Pintavaluntaa simuloivissa olosuhdekammioissa pellolla tehty vertailu erilaisten lannoitus-käsittelyiden (väkilannoite-P ja lietelanta) vaikutuksesta fosforin huuhtoutumiseen nurmelta sade- ja lumitalven olosuhteissa osoitti, että nurmelta huuhtoutunut kokonaisfosforin määrä oli kaikissa käsittelyissä maltillinen. Ainoana poikkeuksena oli käsittely, jossa lietettä levitettiin syksyllä maksimimäärä (30 kg P/ha) hajalevityksenä. Lietteenlevityksessä riskit painottuivat syyslevitykseen ja levitystä seuraavan talven sääolosuhteet vaikuttivat merkittävästi huuhtouman muodostumiseen. Tulosten perusteella lietteen fosfori huuhtoutuu herkemmin kuin väkilannoitteen fosfori, joskin lietteen osalta vaihtelu on suurta. Lietteen sijoituslevitys vähentää hieman vaihtelua. Ilmastonmuutos tulee todennäköisesti lisäämään huuhtoutuvien ravinteiden määrää, sillä sadetalvena kokonaisfosforia huuhtoutui 25 % enemmän kuin lumitalvena. Levitettävän lietemäärän puolittaminen syksyllä (15 kg P/ha) vähensi huuhtoutuvan fosforin määrää johdonmukaisesti noin 50 %.

## 7.3.2 Suunnittelutyökalujen kehittäminen

### Viljelykiertojen monipuolistaminen

Viljelykierrat kaipaavat monimuotoistamista. Tyypillisesti ne ovat eriytyneet joko vilja- tai nurmipainotteisiin. Äärimmäisen yksipuolisia viljalajimonokulttuurikiertoja on lähinnä ohralla ja kauralla. Nurmikiertoja ei useinkaan katkaista siemensatokasveilla, jolloin nurmikasvien merkittävät edut viljapainotteisille kierroille jäävät hyödyntämättä myös pohjoisilla tuotantoalueilla. Alle kaksi prosenttia pelloistamme on monimuotoisilla kierroilla ja niiden määrä on laskenut sitten 1990-luvun.

Tilakoko ja lohko-ominaisuudet vaikuttivat viljelykiertovalintoihin (Peltonen-Sainio & Jauhiainen 2019a). Esimerkiksi viljalajimonokulttuuri- ja nurmikierrat olivat yleisempiä pienemmillä tiloilla, kun taas katkaisukasvikierto ja monimuotoinen kierto yleistyivät tilakoon kasvaessa. Nurmi- ja viherkesantokierrat harvinaistuivat, päinvastoin kuin muut kierrat, lohkokoon kasvaessa tai lohkon ollessa yhtenäisempi muodoltaan. Päinvastoin kuin

viherkesantokierrot nurmikierrat sijoitettiin lähelle tilakeskusta. Viherkesantokierrot olivat yllättäen etäällä vesistöistä, joiden läheisyydessä oli eritoten viljapainotteisia kiertoja.

Viljelykiertoja voidaan monimuotoistaa merkittävästi (Peltonen-Sainio & Jauhiainen 2019b). Tietoa viljelijöiden tavasta kohdentaa viljelykasveja ja -kiertoja eri tavoin riippuen tilan lohko-ominaisuuksista hyödynnettiin arvioitaessa, kuinka nykyisiä viljalajimonokulttuuri- ja viljamonokulttuurikiertoja voitaisiin monipuolistaa: nykyisistä viljalajimonokulttuurikiirroissa olevista lohkoista 15–26 % soveltuisi monimuotoiseen kiertoon ja edelleen 14–21 % katkaisukasvikiertoon. Vastaavasti 16–21 % viljamonokulttuurikiirroista sopisi katkaisukasvikierrolle ja peräti 18–41 % monimuotoiselle kierrolle, potentiaalin ollessa suurinta kasvintuotanto-, sika- sekä kanatiloilla ja pienintä nauta-, lammis- ja hevostiloilla.

**Vuorovaikutteinen Viljelykierto -työkalu** rakennettiin lohkoکوhtaiseksi ja kolmivaiheiseksi (Peltonen-Sainio ym. 2020a, 2020b). Viljelijän kirjauduttua järjestelmä lataa tilatunnuksen perusteella taustatiedot niin tilan omille kuin vuokralohkoille. Tärkeitä taustamuuttujia ovat edellisen neljän vuoden kasvinvuorotuslohkoittain, tuotantoalue ja sen mukainen viljelykasvivalikoima, tilan tuotantosuunta, tilakoko ja lohkoکوhtaiset perusominaisuudet. Viljelijä tarkentaa tietoja tilan konekannasta ja valmiudestaan käyttäen urakointia sekä linkittää halutessaan Viljelykierto-työkalu PeltOptimi-työkaluun, jolloin viisivuotinen kiertosuunnitelma laaditaan vain kestävästi tehostettaville lohkoille.

Järjestelmä sitoo edellisvuotisen tuotantonurmialan kiinteäksi ja asettaa minimialan kullekin kasvilajivaihtoehdolle. Näiden toimenpiteiden jälkeen työkalu antaa viljelijälle ensimmäisen ehdotuksensa viisivuotisesta viljelykierron kaikille tilalla viljelyssä oleville lohkoille siten, että suunnitelma on mahdollisimman monimuotoinen taustamuuttujat huomioiden. Viljelijä voi poistaa tai lisätä kasvilajeja, minkä jälkeen työkalu ehdottaa jokaiselle lohkolle päivitetyn viisivuotisen kiertosuunnitelman, edelleen mahdollisimman monimuotoisena. Nyt viljelijä voi halutessaan uudelleen järjestellä kasvilajialohkojen tai vuosien välillä, jonka jälkeen rakentuu kolmas ja lopullinen viljelysuunnitelma.

Mikäli viljelijä päätyy viljelemään monimuotoistavaa lajia vain yksittäisenä vuotena johon tuen esimerkiksi logistisista syistä (mukaan lukien suuret tuotantoerät), varoittaa järjestelmä siitä, ettei viljelijän tekemä valinta johda resilienssihyötyihin, vaan voi kasvattaa sääriskien vaikutuksia. Työkalu laskee viljelyn kannattavuudessa tapahtuvia muutoksia vallitsevilla hinnoilla kaikissa kolmessa vaiheessa, perustuen Taloustieteen tutkimuskeskuksen kirjapitotilojen aineistoon sekä kasvinvuorotuksesta saataviin esikasvihyötyihin. Esikasvihyödyt saadaan satelliittitietoihin perustuvalla menetelmällä. Näin viljelijä näkee, kuinka hänen valintansa ja poisvalintansa vaikuttavat tilan kannattavuuteen. Vallitsevien hintojen lisäksi työkaluun voidaan liittää realistisia hintasuhteiden muutosskenaarioita, jolloin viljelijä näkee, kuinka herkkä valittu suunnitelma on mahdollisille hintamuutoksille.



Viljelykierto-työkalu ehdottaa merkittävästi monimuotoisempia kiertoja. Hankkeessa testattiin, kuinka kehitetyn työkalun käyttö vaikuttaisi yksipuolisten ja monimuotoisten kiertojen väliseen tasapainoon. Testialueena käytettiin Lounais- ja Länsi-Suomen aluetta, missä on parhaat edellytykset viljelyn monimuotoistamiselle. Mikäli viljelijät ottaisivat työkalun ehdottamat kierrot täysmittaisina käyttöönsä, tarkoittaisi se, että äärimmäisen yksipuolisten viljalajikiertojen ala laskisi alle 10 prosenttiin alueen peltolohkoista. Katkaisukasvikierrot yleistyisivät testialueen pohjoisosissa, mutta harvinaistuisivat lounaisimmissa osissa, koska siellä olevat katkaisukasvikierrot muuttuisivat monimuotoisiksi kierroiksi, joiden osuus lohkoista kasvaisi nykyisestä enintään 2–4 prosentista 6–8 prosenttiin. Työkalun testiajo osoitti sen kyvyn ehdottaa merkittävästi nykyistä monipuolisempia kiertoja. Lopulta kuitenkin viljelijät itse päättävät, missä mitassa he ottavat ehdotetut viljelykierrot käyttöönsä.

### Politiikkaristiriidat luonnon monimuotoisuuden ja vesiensuojelun edistämisessä

Tavoitteiden tasolla maatalouspolitiikka ja maatalouden ympäristöpolitiikka eivät ole ristiriidassa toisiinsa nähden. Mahdolliset ristiriidat ja haitalliset ympäristövaikutukset tulevat esille silloin, kun tukitoimenpiteillä ja hallinnollisella ohjauksella vaikutetaan viljelijöiden tuotantopäätöksiin ja niiden seurauksena syntyviin ympäristövaikutuksiin (niin sanottuihin ulkoisvaikutuksiin ja julkishyödykkeisiin).

Maataloustuet ovat ylläpitäneet maataloustuotantoa ja avointa maatalousympäristöä sekä maatalousympäristön monimuotoisuutta Suomessa. Vesiensuojelun kannalta Euroopan Unionin Yhteisen Maatalouspolitiikan (YMP) ensimmäisen pilarin tukien vaikutukset ovat olleet haitallisia, mutta tukien osittainen tuotannosta irrottaminen ja ympäristökorvaustoimenpiteiden soveltaminen Suomen 25-vuotisen EU-jäsenyyden aikana ovat muuttaneet politiikkoja ja käytäntöjä maatiloilla ympäristöystävällisempään suuntaan.

Aiempien tutkimusten ja arviointien perusteella hankkeessa tunnistettiin mm. seuraavia ongelmia ja mahdollisia ristiriitaisuuksia luonnon monimuotoisuus- ja vesiensuojelutavoitteiden samanaikaisessa saavuttamisessa:

- *Suojavyöhykkeet:* Ongelmana voi olla liukaisen fosforin kertyminen maan pintakerrokseen ja vesistön leville suoraan käyttökelpoisen liukaisen fosforin kuormituksen lisääntyminen.
- *Monivuotiset ympäristönurmet:* Keskellä kesää tapahtuva sadonkorjuu uhkaa luonnonvaraisten lajien lisääntymisen onnistumista.
- *Luonnonhoitopeltonurmet:* Ongelmana voi olla liukaisen fosforin kertyminen maan pintakerrokseen ja liukaisen fosforin kuormituksen lisääntyminen. Luonnonhoitopeltonurmilta voi myös levitä rikkakasveja naapurilohkoille,

joten luonnonhoitopeltonurmet saattavat lisätä kasvinsuojeluaineiden käyttöä viereisillä lohkoilla.

- *Peltojen talviaikainen kasvipeitteisyys*: Talviaikainen kasvipeitteisyys tarjoaa ravintoa ja suojaa etenkin linnuille ja vähentää eroosiota ja partikkelifosforin kuormitusta, mutta saattaa lisätä liukoisen fosforin kuormitusta.
- *Monimuotoisuuspellot*: Typpeä sitovat monimuotoisuuspellon kasvit lisäävät maan typpipitoisuutta ja voivat hieman lisätä typpikuormitusta. Liukoisen fosforin kuormitus voi nousta kasvimassan jäätymissulamissykliin vuoksi.
- *Kosteikkojen perustaminen*: Kosteikkojen vesiensuojelutehoa heikentää ympäristökorvauksessa kosteikolle asetettu pinta-alavaatimus, joka on pienempi kuin tutkimuksissa tehokkaaksi havaittu noin 2 % valuma-alueen pinta-alasta.
- *Perinnebiotooppien hoito*: Perinnebiotoopeilla ei ole merkittävää vaikutusta vesistökuormitukseen, mutta ne hyödyttävät uhanalaisia kasvi- ja eläinlajeja. Liian suuren laidunpaineen seurauksena voi kuitenkin tapahtua kasvipeitteen kulumista, joka altistaa maaperän kiintoaineksen ja ravinteiden huuhtoutumille rantaniityiltä.

### Viljelytoimenpiteet ja kesannon kasvilajisto säätelevät lierokantaa

Jokioisten Kotkanojan pitkäaikaisella huuhtoumakentällä todettiin suorakylvön vuosittaista muokkausta suotuisampi vaikutus kastelieroisiin, joiden syvät, pystysuorat ja maan pintaan aukeavat käytävät voivat vaikuttaa merkittävästi veden liikkeisiin maassa. Pitkään vuosittain kynnetyssä maassa kastelieroien tiheys oli vain kolmasosa suorakylvetyin maan tiheydestä. Alustavien tulosten perusteella suorakylvöjakson katkaissut yksi kyntökerta ei vähentänyt kastelieroien, mutta kylläkin kastelieron käytävien määrää, jatkuvasti muokkaamattomaan (suorakylvettyyn) maahan verrattuna. Edellisenä kesänä kynnetyssä maassa kastelieroien käytäviä oli vähemmän kuin jatkuvasti muokkaamattomassa maassa ja vähiten käytäviä oli pitkään vuosittain kynnetyssä maassa.

Kastelieroien esiintyminen myös kynnetyssä maassa saattoi johtua jatkuvasta saavunnasta ympäröiviltä pientareilta ja viereisiltä muokkaamattomina olleilta ruuduilta. Tämä oletus sai tukea koelohkojen reunan ja keskustan lieromäärien vertailusta. Pintakarikkeen lierolajien kohdalla osuudet yksilömäärästä olivat lähellä toisiaan (47 % vs. 53 %), pintamaan lajeilla osuus oli pienempi lähellä reunaa (38 % vs. 62 %) mutta kastelieroien kohdalla osuus oli lähellä reunaa korkeampi (64 % vs. 36 %). Havainto tukee käsitystä pellon reunan merkityksestä kastelieroien leviämisen lähdealueena. Koetulokset antoivat myös viitteitä lierokäytävien lukumäärän ja salaojavalunnan välisestä yhteydestä, mutta aihe vaatii jatkotutkimusta.

Ypäjän pitkäaikaisten viherkesantojen koekentältä saatujen tulosten perusteella lierojen tiheys ja lajimäärä olivat suurimmillaan niittykasviseoksessa, jota ei ollut niitetty. Myöhään syksyllä niitetyillä ruuduilla lierojen runsauksien ja lajimäärän keskiarvo oli alhaisin.

### **Pölyttäjähönteiskantoja voidaan vahvistaa viherkesantojen avulla**

Pölyttäjähönteiskantojen sekä niiden ravinnonkäytön vertailu erilaisilla siemenseoksilla kylvetyillä pitkäaikaisilla viherkesannoilla ja ympäröivillä pientareilla osoitti kimalaisten hyötyvän kesannoista nopeammin kuin perhoset. Kimalaisia oli runsaasti jo heti ensimmäisenä kesänä, erityisesti niittykasviseoksella (Alanen ym. 2011). Myöhemminäkin vuosina niittykasviseoksella havaittiin kimalaisia enemmän kuin muilla seoksilla. Kesantojen kimalaismäärät olivat pientareita korkeammalla tasolla koko kokeen ajan. Perhosten yksilö- ja lajirunsaus kasvoivat kesantokokeella melko tasaisesti kuuden ensimmäisen vuoden ajan. Alkuvuosina niittykasviseoksella oli perhosia muita käsittelyitä enemmän, mutta tilanne tasoittui vuosien kuluessa. Myös koealueen ja pientareiden välinen ero tasoittui vuosien myötä. Pientareilla oli koealuetta enemmän perhosia kesantokokeen alkuvuosina. Monet perhoslajit runsastuivat vuosien myötä kesannoilla ja runsastuttuaan jopa ylittivät ympäröivien pientareiden yksilömäärän. Kesannoilla tavatuista perhoslajeista 38 % pystyi muodostamaan kesannoille paikallisen kannan (Kuussaari ym. julkaisematon käsikirjoitus).

Pölyttäjien ravinnonkäyttö (kukkakäyntien määrällä mitattuna) poikkesi toisistaan sekä eri siemenseosten että kesantojen ja pientareiden välillä (Hyvönen ym. julkaisematon käsikirjoitus). Eniten kukkakäyntejä havaittiin kesantokokeen niittykasviseoksella. Ensimmäisenä vuonna erityisesti hunajakukka houkutteli runsaasti kimalaisia. Seuraavien vuosien suosituimpia kasvilajeja niittykasviruuduilla olivat ahdekaunokki, ruisvirna ja hiirenvirna. Kahdella muulla kesantokokeen siemenseoksella suosituimmat lajit olivat hiirenvirna, pelto-ohdake ja ahdekaunokki, ja pientareilla metsäapila, voikukka, mesiangervo ja hiirenvirna. Pientareilla pölyttäjät vierailivat useammalla kasvilajilla ja käyttivät tasaisemmin eri kasvilajeja kuin kesannoilla, mikä heijastui kasvi-pölyttäjaverkon rakenteeseen. Siemenseosten välillä kasvi-pölyttäjaverkon rakenteessa ei juurikaan ollut eroa ensimmäisen koevuoden jälkeen.

### **LumoVesi-päätöksentekotyökalu maatilojen ympäristötoimien kohdentamiseen**

**LumoVesi-päätöksentekotyökalun** tavoitteena on edistää luonnon monimuotoisuus- ja vesiensuojelutavoitteita maatiloilla ohjaamalla päätöksentekoprosessia tilan ympäristötoimenpiteiden valinnassa. Työkalu auttaa tunnistamaan tilan mahdollisuudet edistää ympäristönsuojelua sekä erilaisia toimenpiteitä tarvitsevat lohkot ja valitsemaan soveltuvat toimenpiteet kohdennetusti eri lohkoille.

Päätöksentekoprosessi etenee kolmessa vaiheessa:

**1. Tilatason alkukartoitus**

- Tilan mahdollisuuksien ja kiinnostuksen kohteiden tunnistaminen
- Tarkempaan tarkasteluun valittavien peltolohkojen tunnistaminen ja valinta

**2. Lohkokohtaisten toimenpiteiden valinta ja kohdentaminen**

- Tarjolla olevat toimenpiteet ympäristön parantamiseksi
- Toimenpiteiden vaikutus vesiensuojeluun ja luonnon monimuotoisuuteen
- Optimaalisten ratkaisujen löytäminen ja kohdentaminen

**3. Päätöksenteko**

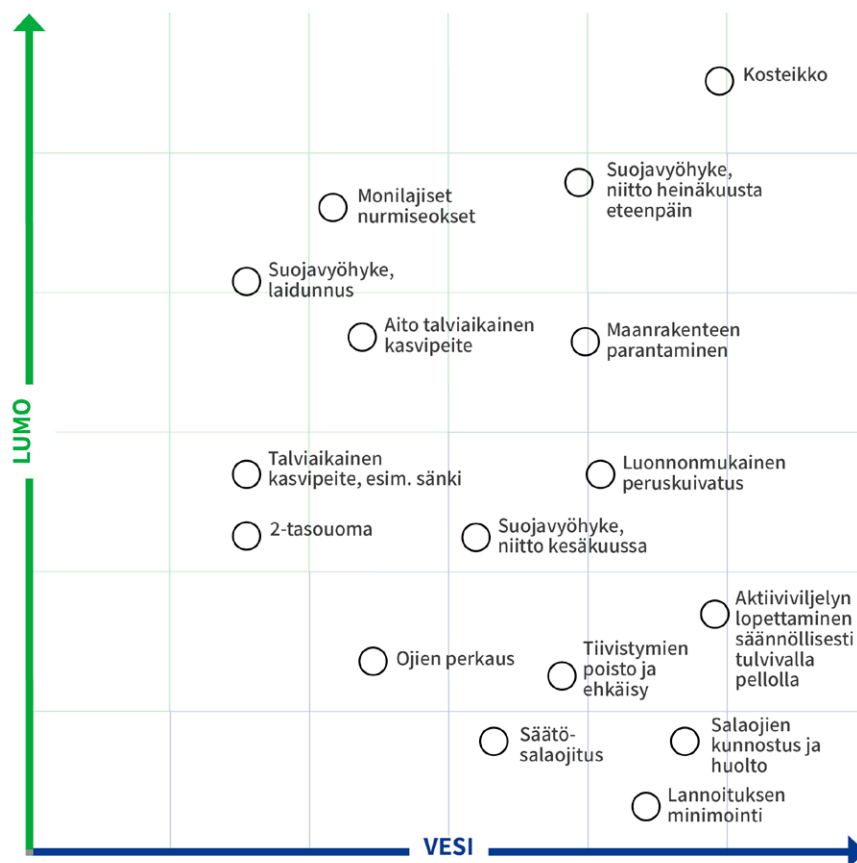
- Lohkokohtaiset ratkaisut ja toteutus suunnitelma

Lohkokohtaisten toimenpiteiden kohdentamisessa kiinnitetään huomiota erityisesti lohkoihin, joilla seuraavia ominaisuuksia:

- Jyrkkä pelto tai jyrkkiä paikkoja
- Havaittu eroosiota
- Korkea P-luku
- Korkea typpitase
- Heikko maan rakenne, tiivistymiä, vesiongelmia
- Pohjavesialue
- Vesistön läheisyys
- Avoin maisemarakenne, vähän pientareita tai muita pienbiotooppeja
- Suljettu maisemarakenne, lohkot kaukana toisistaan
- Perinnebiotooppien läheisyys (myös hoitamattomat)
- Metsänreunavyöhykkeitä pellon läheisyydessä

Toimenpiteiden valinnassa hyödynnetään nelikenttiä (Kuvio 7.2), joiden avulla voidaan hahmottaa toimenpiteen vaikutuksia luonnon monimuotoisuuteen ja vesiensuojeluun.

**Kuvio 7.2.** Joidenkin ympäristötoimenpiteiden vaikutukset vesiensuojeluun ja luonnon monimuotoisuuteen.



### Toimintamalli vesiensuojelutoimenpiteiden kohdentamiseen

Hankkeen tuloksina syntyi RUSLE2015-eroosiomalli, KOTOMA-paikkatietotyökalu ja KOTOMA-maatalouden vesiensuojelutoimenpiteiden toimintamalli (Parkkila 2018). Aineistoja ja analyysyjä kehitettiin hankkeen aikana saadun palautteen avulla.

**RUSLE2015-eroosiomallilla** laadittiin nykyisten eroosioriskien tarkastelu Varsinais-Suomen ja Satakunnan maakuntien alueelle, sekä Loimijoen ja Punkalaitumenjoen valuma-alueille. Malli päivitettiin 2 m<sup>2</sup> laserkeilausaineiston avulla KOTOMA-hankealueelle, jonka jälkeen tuotettu kartta-aineisto vietiin ArcGIS Online -karttaselaimen. Yleisötilaisuuksissa kerättiin kommentteja siitä, miten hyvin RUSLE-mallin esittämät eroosioarvot vastaavat viljelijän näkemyksiä viljelijän omilla peltolohkoilla olevasta eroosiosta. Kerättyjen kommenttien pohjalta pyritään parantamaan RUSLE2015-aineistoja seuraavissa päivityksissä. Mallissa havaittiin seuraavat ongelmat: kasvulohkoja ja karttalehtiä puuttui,

perinnebiotoopit olivat mukana (eivät kuulu analyysiin) ja eroosioarvojen luokituksessa käytetty luokkajako oli liian karkea.

**KOTOMA-paikkatietotyökalu** laadittiin RUSLE2015-eroosiomallin pohjalta. Työkalu tehtiin ESRI:n ArcMap ohjelmiston Modelbuilder ominaisuudella. Yksin KOTOMA-työkalun pohjalta ei voida tehdä päätöksiä, mihin peltolohkoon voidaan tai ei voida tehdä eroosiota vähentäviä toimenpiteitä, sillä käytettyihin aineistoihin liittyy paljon epävarmuustekijöitä. Työkalu antaa kuitenkin perustellun arvion kohdentamiseen vaikuttavista asioista ja sen perusteella suositusten kohdentamisesta. KOTOMA-työkalun tulos on riippuvainen sen taustalla olevien aineistojen laadusta ja paikkatietotyökalujen rajoituksista. Havaittuja epävarmuustekijöitä:

- Happamien sulfaattimaiden-aineisto ja maalajiaineisto ovat liian karkeita. Peltolohkojen sisällä voi olla merkittävääkin vaihtelua, mutta malli ottaa huomioon vain pellon sisällä olevan yleisimmän arvon, minkä takia tulokset ovat karkeita yleistyksiä.
- Peltolohkojen etäisyyttä vesistöihin voidaan laskea vain peltolohkon vesistöä lähimmän kulman mukaan, eikä esimerkiksi keskimääräistä etäisyyttä voida laskea. Työkalussa käytetäänkin etäisyyden määrittämiseen vyöhykkeitä, mikä on nopeampi apa analysoida sitä, osuuko peltolohko määritetyn alueen sisään.

**KOTOMA-maatalouden vesiensuojelutoimenpiteiden toimintamalli** perustuu edellä esitelyihin paikkatietoanalyysiin, joiden perusteella tehdään päätöksiä siitä, mihin toimenpiteitä tulisi kohdistaa. Toimintamallin käyttäjät voidaan jakaa kolmeen ryhmään: 1) hallinto, 2) alueelliset ympäristötoimijat ja 3) maanviljelijät.

**Hallinnon** vastuulla on päättää, mitä kriteerejä kukin toimenpide vaatii ja paljonko paikkatietoaineiston kehittämiseen, vesiensuojelusuunnitelmiin ja vesiensuojelutoimenpiteisiin on käytettävissä taloudellisia resursseja.

**Alueellinen ympäristötoimija** (esim. ELY-keskus) laatii jokaiselle valuma-alueelle vesiensuojelun suunnitelman, joka pitää sisällään paitsi KOTOMA-työkalun tuottaman maatalousalueiden paikkatietoaineiston, niin myös metsätalousalueiden ja asutuksen tuottaman kuormituksen vesistöihin. Vain muodostamalla ensin kattava kokonaiskuva vesistöjä kuormittavista lähteistä, voidaan laatia sellainen suunnitelma, joka kohdistaa eroosiotoimenpiteet tehokkaimmin oikeille paikoille.

**Maanviljelijät** vastaavat toimenpiteiden toteuttamisesta. Tuotetut paikkatietoaineistot ja vesiensuojelusuunnitelmien perusteella laaditut kohdentamisen suosituskartat tulisi viedä maanviljelijöiden saataville esimerkiksi VIPU-palveluun, jotta viljelijät voisivat itse

suunnitella omien peltolohkojensa osalta, mihin esimerkiksi suojavyöhykkeitä kannattaa sijoittaa ja sen jälkeen hakea siihen saatavissa olevaa tukea. Tarvittaessa viljelijöille voidaan paikkatiedon avulla osoittaa ne alueet, joilla on suuri eroosioriski, jotta viljelijät voivat lohkoa ne eri kasvulohkoksi ja hakea vain kyseiselle eroosioherkälle lohkolle ympäristötoimenpiteisiin tarkoitettua tukea.

Viljelijöiden osallistaminen on olennaista, jotta tuloksista tulisi oikeudenmukaisia. Näin siksi, että pelkästään paikkatietoon perustuvassa suunnittelussa on lukuisia aineistoon, menetelmiin ja tulkintaan liittyviä epävarmuustekijöitä. Vain viljelijät tuntevat omat peltonsa ja pystyvät käytännössä arvioimaan mallin tuottamien esitysten sopivuutta. Viljelijän hakemusten ja vesiensuojelusuunnitelmien pohjalta voidaan hallinnon myöntämiä varoja jakaa tärkeysjärjestyksessä valuma-alueen sisällä niin, että siitä on suurin hyöty vesistön kannalta.

### 7.3.3 Viestinnän kehittäminen

Yhdessä kokeillen -hanke osoitti, että ympäristö- ja ilmastoasiat ovat suomalaisille maanviljelijöille keskimäärin tärkeitä (Kinnunen Mohr ym. 2019). Viljelijät kokevat työskentelevänsä konkreettisesti luonnon ja ympäristön kanssa, ja he näkevät ilmastonmuutoksen riskin keskimäärin korkeana. Omasta ympäristöstä huolehtiminen nähdään osana ammatitaitoa, ja haastateltavista lähes kaikki kertoivat luottavansa suomalaiseen maatalouteen ympäristöasioissa. Viljelijöillä on halua ja motivaatiota kehittää omaa ammattia, mutta usein tilan tiukka taloudellinen tilanne on kehittämisen esteenä.

Maanviljelijät raportoivat selvityksessä saavansa eniten tietoa ympäristöstä ja ilmastosta median kautta. Ylivoimaisin tietolähde oli Maaseudun Tulevaisuus. Media on ongelmallinen tiedonlähde, koska selvityksen mukaan keskustelu maataloudesta ja ympäristöstä tai ilmastosta on poliittista ja kiistelevää. Viljelijät kokevat julkisen keskustelun erittäin syyllistäväksi.

Organisaatiot ja tietoa tuottavat hankkeet viestivät mitä moninaisimmilla tavoilla ympäristöasioista viljelijöille. Viljelijöillä on haasteita suodattaa valtavaa tietomassaa ja soveltaa sitä omalla tilallaan. Selvityksessä tunnistettiin merkittäviä viestinnän haasteita liittyen esimerkiksi viestinnän kohdentamiseen. Kokeilun avulla selvisi, ettei sama viesti toimi kaikille. Viljelijän asenne ilmasto- ja ympäristöasioita kohtaan määrittä sitä, miten hän tulkitsee erilaiset viestit. Toteava ja faktoja korostava viesti laski aikomusta toimia ympäristöystävällisesti erityisesti niiden viljelijöiden keskuudessa, jotka olivat skeptisiä ilmastonmuutoksen uhasta. Kevyesti kannustava viesti puolestaan nosti toiminta-aikomuksia.

Viljelijät toivoivat kohdennettua, lähteytettyä ja hyvin perusteltua tutkittua tietoa, jota voi soveltaa omalla tilalla. Maatalouden harjoittajat on otettava mukaan hankkeisiin kehittämään omaa elinkeinoaan.

## 7.4 Tulosten hyödyntäminen päätöksenteossa

Tässä luvussa käsitellyt hankkeet tuottavat tietoa maaseutuohjelman kaikkien neljän ympäristötavoitteen – vesiensuojelu, maaperän kasvukunto, ilmastonsuojelu ja luonnon monimuotoisuus – edistämiseen. Alla on tiivistetty eri teemojen keskeiset tulokset, joita voidaan hyödyntää päätöksenteossa.

### Ravinteet

- Kansallisten erityislaskentamenetelmien läpinäkyvyys ja dokumentointi on tärkeää.
- Luotettavien lähtötietojen saaminen erityislaskentaan erityisesti rehujen mukana syötyjen ravinteiden määrästä on haastavaa.
- Tilakohtaisilla erityislaskennoilla voitaisiin päästä kiinni toimintatapoihin, jotka tarkentaisivat ravinteiden käyttöä tilatasolla.
- Nautakarjatilojen politiikkaohjauksen suunnittelussa maan viljavuusfosforin varantojen huomioiminen on oleellista. Nykyiset ympäristökorvauksen fosforilannoitusrajat antavat taloudellisesti järkevän sadon, mutta johtavat pitkällä aikavälillä fosforivarantojen laskuun silloinkin, kun se on tarpeetonta.
- Eri politiikkavaihtoehtojen optimitilanteissa korostuu typpilannoituksen suuri merkitys verrattuna fosforilannoitukseen sekä satovasteen että valuma-veden N:P -suhteen kautta. Jälkimmäisen merkitys riippuu valuma-alueen ja vastaanottavan vesistön ominaisuuksista.
- Samaa fosforimäärää käytettäessä lietteenlevityksestä aiheutuu enemmän fosforikuormitusta kuin keväällä väkilannoitteena annetusta fosforista ja sateisena talvena enemmän kuin lumisena talvena. Fosforin hyväksikäyttöä voidaan parantaa käyttämällä riittävää typpilannoitusta, täydentämällä lietelannoitusta väkilannoitetyypellä, levittämällä lietettä mahdollisimman paljon keväällä ja alkukesällä, sekä suosimalla syksyllä lietteen levityksessä maahansijoitusmenetelmää.

### Luonnon monimuotoisuus

- Lieroilla on positiivinen vaikutus maaperän ominaisuuksiin. Kevennetty maanmuokkaus suosii lieropopulaatioita.
- Pitkäikäisillä viherkesannoilla voidaan edistää pölyttäjähönteiskantoja paikallisesti. Hyviä tuloksia saavutetaan jo yhden tukikauden aikana (5 vuotta), mutta kantojen säilymisen kannalta on tärkeää jatkaa kesannointia yli tukikausien.
- Jo pienellä (2–3) niittykasvien lajimäärällä saadaan aikaiseksi pölyttäjiä houkutteleva kesanto.



- Pientareilla on erilainen lajisto ja kasvi-pölyttäjaverkon rakenne kuin viherkesannoilla. Tämän takia on tärkeää turvata riittävä pientareiden ala.
- Pölyttäjäkantojen vahvistaminen valtakunnallisesti vaatisi pölyttäjiä houkuttelevilla kasvilajeilla perustettujen pitkäaikaisten viherkesantojen pinta-alan kasvattamista.
- Nykyisessä ympäristökorvausjärjestelmässä on jo tarjolla vaikuttavia toimenpiteitä, mutta niiden toteutus pinta-alan kasvattamiseksi toimenpiteitä on kehitettävä viljelijöille houkuttelevimmiksi.

#### Ympäristötoimenpiteiden kohdentamistyökalut

- Mikäli viljelijät ottaisivat Viljelykierto-työkalun ehdottamat kierrot täysimittaisina käyttöön, laskisi yksipuolisten viljalajikiertojen ala huomattavasti Etelä-Suomessa ja katkaisukasvikierrot yleistyisivät pohjoisemmassa.
- Viljelykierto-työkalu antaa viljelijälle tiedon viljelyvalintojen takia kannattavuudessa tapahtuvista muutoksista.
- Jotta monien epävarmuuksien kanssa harkintaa tekevä viljelijä tulee kannustetuksi ottamaan tavanomaisesta viljelykasvipaletistaan poikkeavia lajeja viljelyyn, tarvitaan myös politiikkatukea ja kannustinjärjestelmiä.
- Ympäristökorvauksen toimenpiteillä voi olla ristiriitaisia vaikutuksia luonnon monimuotoisuuden edistämiseen ja ravinnepäästöjen vähentämiseen. Lumo-Vesi-työkalu tuo nämä ristiriitaisuudet esiin visuaalisesti.
- KOTOMA-työkalulla pystytään tuottamaan kartta-aineistoja vesiensuojelutoimenpiteiden sijoittamisen suunnittelemiseksi.
- Työkalua voidaan kehittää siten, että sen tuloksista pystytään määrittämään, mihin lantaa tai kierrätysravinteita voidaan levittää.
- Hanke levitti tietoa ympäristöhallinnon sisällä ja eri sidosryhmille siitä, miten paikkatietoaineistoja voidaan hyödyntää vesiensuojelutoimenpiteiden sijoittelussa.

#### Viestinnän kehittäminen

Viestinnän osalta nousi esiin neljä viestinnän haastetta ja ratkaisuja niihin:

**Haaste 1.** Tietoa on vaikeaa soveltaa omalla maatilalla, koska viestintää ei kohdenneta erilaisille tuottajille ja tieto on kehnosti lähteytettyä.

- Selvitä kohderyhmän tarpeet.
- Hyödynnä jo olemassa olevia kanavia.
- Perustele faktasi ja näkökulmasi.

**Haaste 2.** Tilakohtainen neuvonta ja ajankohtainen tutkimustieto eivät linkity riittävästi.

- Neuvonta kaipaa uudistamista.
- Neuvojen tietotarpeet pitää selvittää ja järjestää niiden pohjalta koulutuksia.
- Tutkimuksiin on saatava maataloja mukaan.

**Haaste 3.** Maanviljelijät saavat eniten tietoa mediasta, jossa keskustelu maatalouden ilmasto- ja ympäristövaikutuksista on syyllistävä ja riitaisaa.

- Tarjoa aktiivisesti taustoja, faktoja ja esimerkkejä toimittajille.
- Tee mediaviestintää yhdessä muiden organisaatioiden kanssa.
- Pidä huoli siitä, että viljelijän ääni kuuluu.
- Piirrä realistinen aikajänne.
- Kuluttajille on kerrottava, miten ruokaa Suomessa tänään tuotetaan.

**Haaste 4.** Hankkeet tuottavat paljon tietoa, mutta niiden viestintä on sirpaleista ja lyhytjänteistä.

- Rahoittajan on vaadittava hankkeilta viestintätuotteiden määrän sijaan viestinnän vaikuttavuutta.
- Rahoittajien täytyy tehdä keskenään yhteistyötä.
- Hankkeiden ohjausryhmässä pitää kuulua tiedon hyödyntäjien ääni.
- Hankkeiden on tärkeää tehdä keskenään yhteistyötä.
- Maatalouden ympäristö- ja ilmastoaiheet tarvitsevat yhteisen tietopankin.

## 7.5 Tarpeet jatkotutkimuksille

Alla on listattu jatkotutkimustarpeita teemoittain.

Ravinteet

- Nurmen sadonmuodostukseen (N, P, Pst) sekä maan fosforidynamiikkaan liittyvien epävarmuuksien jatkotutkimus.
- Turvepeltojen metsittämistä, kosteikkoja tai sääätösaloituksen vaikutuksia kuvaavien mallien kehittäminen.
- Ilmaston keskilämpötilan nousun vaikutus fosforin hyödynnettävyyteen maaperän mikrobiologisen aktiivisuuden kautta.
- Kuivalannan ravinteiden hyväksikäytön ja ravinnehuuhtoumien tutkimus.
- Ympäristökorvauksen ulkopuolisten tilojen ympäristöpolitiikka.

- Eläinten lukumäärätietojen, teurastietojen sekä muiden rekisteritietojen helpompi saatavuus tutkimuskäyttöön.

#### Luonnon monimuotoisuus

- Lierojen tekemien käytävien rooli ravinnevalumien edistäjänä pelloilla.
- Pölyttäjähönteisten pitkäaikaiset kannanvaihtelut.

#### Ympäristötoimenpiteiden kohdentamistyökalut

- Lohkokohtaista tietoa hyödyntävien hankkeiden tietotaidon yhdistäminen yhdeksi suunnittelun työkaluksi tai työkalupaketiksi.
- Osittain puutteellisen tausta-aineiston täydentäminen ja muokkaaminen paikkatietokäyttökelpoiseen muotoon.
- Kohdennettavien toimenpiteiden ja kohdentamiseen käytettyjen kriteerien tarkentaminen ja kehittäminen.
- Tausta-aineistojen ja kohdentamistyökalun koodaaminen viljelijäkäyttöön soveltuvaksi aineistoksi ja sopivan toimintaympäristön valinta (VIPU-palvelu tms.)

#### Viestintä

- Erilaisten tietotarpeiden ja tiedonvälityskanavien vertailu eri tuotantosuuntia edustavien viljelijöiden välillä.
- Erilaisten viljelijöiden profiilien tunnistaminen ilmasto- ja ympäristöasenteiden perusteella.
- Hanketoimijoiden parhaat käytännöt maanviljelijöiden tavoittamiseksi ja niiden jakamiskeinot.
- Paremmiin tutkimustietoa hyödyntävän tilakohtaisen neuvonnan kehittäminen.

## 7.6 Kirjallisuus

- Alanen, E-L., Hyvönen, T., Lindgren, S., Härmä, O. & Kuussaari, M. (2011) Differential responses of social bees and diurnal Lepidoptera to the succession of experimental long-term set-asides. *Journal of Applied Ecology* 48: 1251-1259. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.02012.x>
- Ekholm, P., Turtola, E., Grönroos, J., Seuri, P., & Ylivainio, K. (2005) Phosphorus loss from different farming systems estimated from soil surface phosphorus balance. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 110: 266–278. doi:10.1016/j.agee.2005.04.014
- Kinnunen Mohr, K., Ala-Kurikka, I. & Hokkanen, L. (2019) Yhdessä kokeillen – hankkeen loppuraportti. 82 s. [Yhdessä\\_kokeillen\\_hankkeen\\_loppuraportti.pdf](#) (mmm.fi)
- Parkkila, P. (2018) KOTOMA-hanke. Loppuraportti. 26 s. KOTOMA-hanke (mmm.fi)
- Peltonen-Sainio, P. & Jauhiainen, L. (2019a) Risk of low productivity is dependent on farm characteristics: how to turn poor performance into an advantage? *Sustainability* 11: 5504. doi:10.3390/su11195504
- Peltonen-Sainio, P. & Jauhiainen, L. (2019b) Unexploited potential to diversify monotonous crop sequencing at high latitudes. *Agricultural Systems* 174: 73-82. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.04.011>

- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Latukka, A. & Peltonen, S. (2020a) Viljelykiertojen monipuolistamiseen kannustava vuorovaikutteinen suunnittelutyökalu VILKAS (loppuraportti). 17 s. VILKAS+loppuraportti+FINAL.pdf (mmm.fi)
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L. & Latukka, A. (2020b) Interactive tool for farmers to diversify high-latitude cereal-dominated crop rotations. *International Journal of Agricultural Sustainability* 18: 319-333. <https://doi.org/10.1080/14735903.2020.1775931>
- Uusitalo, R., Hyväluoma, J., Valkama, E., Ketoja, E., Vaahtoranta, A., Virkajärvi, P., Grönroos, J., Lemola, R., Ylivainio, K., Rasa, K. & Turtola, E. (2016) A simple dynamic model of soil test phosphorus responses to phosphorus balance. *Journal of Environmental Quality* 45 3: 977-983. [doi.org/10.2134/jeq2015.09.0463](https://doi.org/10.2134/jeq2015.09.0463)

## **Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2021**

- 1 Saimaannorppa ja kalastus -työryhmän raportti
- 2 Metsätalouden kannustejärjestelmä 2021 -luvulla työryhmän muistio
- 3 Maaseutupolitiikan neuvoston arviointi 2016-2020
- 4 Maa- ja metsätalousministeriön kirjanpitoyksikön tilinpäätös vuodelta 2020
- 5 Utvärdering av Landsbygdspolitiska rådet 2016-2020
- 7 Kansallisen vesihuoltouudistuksen ohjelma
- 8 Lähiruokaa - totta kai! Lähiruokaohjelma ja lähiruokasektorin kehittämisen tavoitteet vuoteen 2025
- 9 Naturligtvis närmat! Närmatsprogrammet och målen för utveckling av närmatssektorn till 2025
- 10 Local food - but of course! The Local Food Programme and local food sector development objectives for 2025
- 11 Trygga vattentjänster av hög kvalitet för alla
- 12 Ajassa uudistuva maaseutu - Maaseutupoliittinen kokonaisuohjelma 2021-2027
- 13 Luomu 2.0 - Suomen kansallinen luomuhjelma vuoteen 2030
- 14 Luomu 2.0 - Finlands nationella ekostrategi för 2030
- 15 Landsbygd som förnyas i tiden - Landsbygdspolitiska helhetsprogrammet 2021-2027
- 16 Tulevaisuuden yhteysalusliikenne - selvitys kehittämistarpeista

## **Maa- ja metsätalousministeriö**

Hallituskatu 3 A, Helsinki  
PL 30, 00023 Valtioneuvosto  
mmm.fi

ISBN: 978-952-366-180-6 PDF

ISSN: 1797-397X PDF